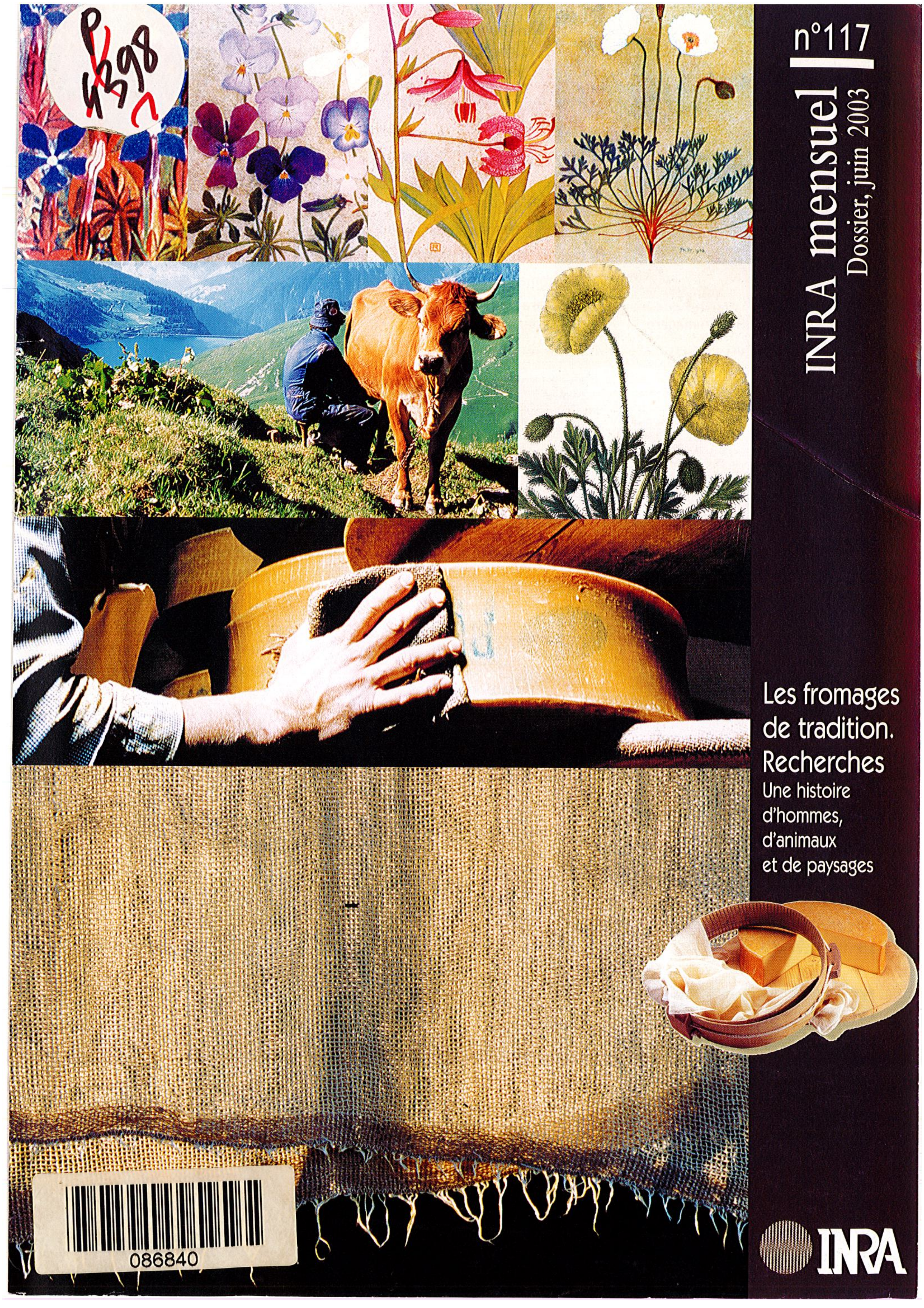


n°117
INRA mensuel
Dossier, juin 2003
Les fromages de tradition. Recherches
Une histoire d'hommes, d'animaux et de paysages
INRA

Sommaire

Nous remercions
- **Françoise Dugarin** et **Chantal Goya** pour leur contribution grâce au système d'information INRA CompAct sur les activités de recherche de l'Institut et pour leur relecture attentive.
http://compact.jouy.inra.fr/compact/CONSULTER/INTRA/interne/accueil_compact.htm
- **Pascale Mollier** pour les éléments qu'elle a réunis pour la création d'une base de données rassemblant des exemples de réalisations de l'INRA : avancées des connaissances, applications, expertises, partenariats, exemples historiques...

Dans ce numéro spécial d'*INRA mensuel*, nous avons voulu rendre hommage à Germain Mocquot disparu en 1989 et en particulier à son action en faveur des productions fromagères de terroir essentiellement représentées ici par le Beaufort, le Comté, les fromages d'Auvergne, le Camembert et les fromages corses. Outre les auteurs qui ont collaboré à cette édition, certaines personnes nous ont fait part de leur désir de s'associer à cet hommage.
Ce sont : Jean Auclair, Jean-Claude Collin, Robert Ducluzeau, Paul Ducruet, Guy Fauconneau, Jean Möser, Bernard Pellicier, Michel Plommet, Pierre Raibaud, Monique Le Saint, Charles Thibault, Eduardo Vallés, Louis Vassal, Gilbert Viallet, Marc Zuffrey.

Nous remercions Mattéo Smerlak, en stage à la Mission Communication (2002) qui a relu tous les textes avec un œil neuf.

Les fromages de tradition. Recherches

Une histoire d'hommes, d'animaux et de paysages

Les fromages de tradition, éléments forts de la culture française, ont une histoire où se mêlent la vie des hommes qui les élaborent, les paysages façonnés par cette activité et des animaux aux qualités remarquables.

L'histoire du fromage s'inscrit, comme pour la plupart des aliments, dans l'inventivité de l'homme qui a su, grâce à l'animal, passer de l'herbe et des fleurs fugaces, au lait, puis au fromage, à la fois aliment et produit d'échange assurant ainsi son existence. La fabrication du fromage contribue au maintien d'une agriculture dynamique en montagne, fondée essentiellement sur l'exploitation de l'herbe des pâturages d'altitude. Produire du fromage permet ainsi aux éleveurs de vivre en assurant l'entretien des paysages, éléments de notre patrimoine.
La recherche a parfois accompagné cette histoire, aux moments de crises, comme de nos jours.

Nous évoquerons ici tout particulièrement le Beaufort de Savoie, mais aussi les fromages d'Auvergne, de Normandie, de Corse, de Franche-Comté… Le Roquefort des Causses, quant à lui, a fait l'objet d'une publication sur les recherches menées au domaine INRA de La Fage, dans le Larzac [1].

Le Beaufort présente tout un ensemble d'aspects sensibles : des hommes dans des conditions difficiles de vie et de travail en montagne qui vivent en grande partie de la production d'un fromage exceptionnel ; des races d'animaux qu'il importait de sauvegarder ; des paysages qui risquaient de se dégrader et d'être abandonnés.
La recherche a été sollicitée afin de préserver le savoir-faire, héritage d'une tradition, tout en garantissant la qualité des fromages ; afin également de comprendre les phénomènes qui permettent une bonne fabrication, puis de mécaniser ce qui pouvait l'être pour atténuer la pénibilité du travail sans altérer ou travestir la saveur de ce fromage.

Cette richesse de savoirs suggère quelques réflexions sur des thèmes qui préoccupent notre société : tout était-il pour le mieux dans un passé qui appartient au monde de la mémoire ? Comment continuer à vivre en montagne et à y maintenir des emplois ? La flore bactérienne d'un aliment constitue-t-elle à la fois un facteur de qualité et une source d'inquiétude ? Comment concilier "normes européennes" et fromages au lait cru en France ? Qu'est-ce qu'un fromage de terroir ?

Nous avons rassemblé les témoignages de ceux qui ont consacré leurs forces à faire vivre les régions évoquées, ainsi que des travaux de chercheurs [2]. Certains de ces acteurs font partie du passé, d'autres sont encore sur le terrain et accompagnent le développement de ces régions. Ils ont joué un rôle-clef dans cette histoire d'hommes, d'animaux, de paysages…
Un chercheur enthousiaste, capable d'écouter, attentif à lier des recherches de fond à leurs implications réelles, a accompagné l'histoire des fromages de tradition : Germain Mocquot. Ce document reprend aussi plusieurs de ses écrits. Nous sommes reconnaissants à madame Mocquot de nous avoir permis de publier ces témoignages. Gérard Grosclaude, très impliqué dans les recherches sur le Beaufort dès leur départ, a été le responsable scientifique de ce dossier.

Denise Grail

Photo : Gérard Grosclaude

[1] Tiré à part "30 ans de recherches : La Fage" 22 septembre 1995.

[2] Jouy-en-Josas, Poligny, Aurillac, Clermont-Theix, Rennes.

Tout au long de ce dossier, nous avons choisi d'écrire les noms des fromages et ceux des races animales comme des noms propres, avec une majuscule et invariables.

Terroir et tradition fromagère
l'exemple du Beaufort

Rhône-Alpes

Haute-Savoie

Savoie



Savoie, près du barrage de Roselend.

Au travers des produits de terroir, ce sont en fait les productions traditionnelles qui sont concernées car, pendant des siècles pour certaines, elles ont conservé immuables des savoir-faire empiriques se référant à la tradition. Les aliments élaborés étaient jadis fortement marqués par le terroir car intimement liés à l'agriculture locale à une époque où les productions vivrières circulaient difficilement. Les transports étaient lents et les méthodes de conservation limitées en l'absence de chaîne du froid. Une certaine autarcie était nécessaire, et chaque "pays" se devait de produire ses propres biens de consommation. C'est d'ailleurs cette autarcie qui a permis de fixer les caractères propres de ces produits de terroir et par là-même, leur spécificité et leur originalité. Certains ont subsisté, beaucoup ont disparu.

Les produits de terroir les plus caractéristiques sont évidemment ceux pour lesquels on peut faire un lien de cause à effet entre le sol producteur et le produit élaboré. Cette spécificité liée au terroir reposait essentiellement sur des allégations relevant plus d'une démarche intuitive et subjective que rationnelle. Depuis, des recherches récentes à l'INRA et ailleurs ont permis de confirmer certaines hypothèses, donnant ainsi des bases scientifiques à l'étude des liens entre le sol, le climat, les plantes et les produits traditionnels dont ils proviennent.

Le fruit, végétal issu directement du terroir, en est le meilleur et le fidèle reflet. Un produit élaboré comme le vin est l'exemple typique et le plus révélateur du terroir. L'animal est aussi le reflet du terroir qui le nourrit, mais le lien avec le terroir est alors plus ténu même si son alimentation provient intégralement de son proche environnement. Le végétal, d'ailleurs, peut constituer une fallacieuse image du terroir quand les apports d'éléments étrangers au sol, comme les amendements et les engrais, modifient par trop les données naturelles du lieu.

L'influence du terroir peut être prépondérante pour des produits comme les fromages pour lesquels on a pu montrer le rôle direct de l'animal et de la nature de l'herbage sur les caractéristiques des laits et par voie de conséquence sur la qualité des produits fabriqués. À la particularité de la matière première

Histoire de fromages...

Le mot fromage provient du latin *forma* qui signifie fourme.

Les origines du fromage remontent au Néolithique, il y a environ 10 000 ans, quand les hommes ont commencé à domestiquer les chèvres et les brebis pour faire de l'élevage et consommer le lait que les animaux produisaient*. Les premières faisselles dont on a trouvé des traces remontent à 5 000 ans avant J.C. Le premier fromage fut certainement un caillé, fromage frais séché à température ambiante. On a retrouvé des traces de ces pratiques sous la forme de dessins dans certaines grottes préhistoriques.

Puis la grande épopée du fromage commença quand les hommes eurent l'idée de stocker le lait dans des outres faites dans l'estomac des ruminants. Or la caillette, qui est l'une des quatre poches qui composent leur estomac, contient une enzyme, la présure, qui permet de transformer le lait en de nombreux fromages.

Des textes très anciens évoquent l'existence du fromage. Hippocrate, Aristote, Platon et Epicure ont affirmé à leur époque leurs préférences pour le fromage. Dans l'Odyssée, Homère (VIIIe siècle avant J.-C.) mentionne le cadeau que la déesse Aphrodite offre à Ulysse : du fromage et du miel !

Il narre également l'action du cyclope Polyphème, qui "… fait de son lait blanc cailler une moitié qu'il égoutte et dépose en ses paniers de jonc…" En France, le plus ancien des fromages serait le Cantal, apparu il y a près de 2 000 ans : il est mentionné par Pline l'Ancien auteur contemporain de Jules César (Ier siècle après J.-C.), dans son "Histoire Naturelle" ; il raconte que le fromage (qu'il ne nomme pas) le plus apprécié à Rome provenait d'Auvergne ; selon toute vraisemblance, il s'agirait du cantal. L'écrivain Martial signala quant à lui pour la première fois l'existence des fromages des Pyrénées pur brebis, à la même période.

•••

s'ajouteront des méthodes d'élaboration très marquées par les coutumes locales, les matériaux qui interfèrent dans la fabrication et en général tout ce qui constitue l'environnement humain et physique. Le terroir est invoqué pour affirmer la typicité d'un produit, mais ce terme est trop souvent galvaudé pour "faire vendre" ; ce qui risque à terme de le dévaloriser et de ne plus évoquer auprès d'un public abusé ce lien fort avec un écosystème spécifique. Beaucoup de ces produits de terroir ont disparu, ceux dont la production représentait un volume assez conséquent sont arrivés à se maintenir jusqu'à nos jours et ont dû s'adapter aux différents circuits commerciaux avec tous les risques et toutes les difficultés que cela comporte.

Le produit de terroir revêt une connotation très affective qui interfère avec des caractères objectifs propres. Ainsi au terroir évocateur de tradition correspondent une certaine nostalgie et une idéalisation du passé comme de la ruralité ; il plaît par son dépaysement et suggère deux notions très valorisantes, bien que difficiles à appréhender, que sont le naturel et la qualité ; souvent cependant, les produits de terroir, issus de technologies traditionnelles, ont été bien loin de représenter ce tableau idyllique que peignent certains... Germain Mocquot disait : "*Il ne faut pas surcharger de* dorures excessives *la qualité moyenne des produits d'antan*". Jadis en effet, les productions artisanales et fermières, donc traditionnelles, se partageaient entre l'excellence et la qualité la plus médiocre.

Innover de tout temps

Le savoir-faire est trop souvent assimilé aux caractères relativement intangibles du terroir, et le modifier par des innovations issues de recherches scientifiques et technologiques pourrait faire craindre de travestir le produit traditionnel ; mais c'est ignorer que les innovations ont, au fil des temps, modifié les pratiques traditionnelles et qu'elles ont souvent été le fait de conditions imposées par des événements impondérables tant économiques qu'historiques ou des contraintes physiques diverses. Jadis, la modification des produits du terroir, consécutive à une lente évolution des techniques ou à la dérive insidieuse de la matière première, pouvait se répercuter en bien mais aussi en mal sur leur qualité. Cela se passait généralement à l'échelle des générations et les modifications pouvaient, de ce fait, ne pas être perçues. Le produit qui aurait pu servir de référence était alors assez loin dans les mémoires pour ne pas constituer un modèle. Le consommateur n'avait pas ainsi conscience du changement ; il s'habituait aux modifications induites si tant est qu'il les percevait. Quand d'aventure il en avait le souvenir, il s'agissait souvent de l'exception dans une masse de produits fort médiocres. Conserver la tradition revient à essayer de respecter un modèle ancré dans une mémoire collective d'autant moins fiable que la référence se fait ancienne.

Les produits traditionnels de terroir ont évolué dans le temps ; ils sont nés au hasard des recettes et de manipulations successives. Pour qu'ils viennent jusqu'à nous, les hommes ont dû adapter les technologies et les modifier au cours des siècles ; il ne faut donc pas vouloir figer des pratiques qui ne l'ont jamais été. Il ne faut pas vouloir non plus, pour satisfaire au modernisme, "*éradiquer la mémoire du long terme, les traditions millénaires, les expériences accumulées par les cultures...*" comme le dit Michel Serres. Il y a des partisans inconditionnels de la tradition et des modes de fabrication empiriques qu'elle implique, et ceux d'un modernisme débridé qui voient en celui-ci un facteur de progrès tant en ce qui concerne la qualité des produits que les conditions de travail et la productivité. Ce dilemme imposerait à nos productions de terroir, soit un immobilisme qui les conduirait à une rapide disparition, soit une évolution trop radicale qui, en les travestissant, serait une autre façon de les faire disparaître. Une solution médiane n'est pas forcément raisonnable en matière de technologie où les demi-mesures s'avèrent souvent inadéquates. La sagesse n'est ni entre les anciens, ni entre les modernes, les immobilistes et les progressistes ; elle consisterait plutôt à *"se hâter lentement"* comme le disait Boileau ; et sans perdre courage, nos ancêtres souvent *"vingt fois sur le métier ont remis leur ouvrage en le polissant et le repolissant"* avant d'arriver aux chefs-d'œuvre que nous connaissons.

•••

A partir des croisades, le fromage, tel qu'il est défini actuellement, prit place dans l'alimentation. De paysanne, sa fabrication devînt monastique. Les monastères et autres abbayes furent des lieux privilégiés pour la fabrication des fromages : la patience nécessaire au travail du lait, alliée à la gourmandise des moines permirent à de nombreuses variétés de voir le jour. En 1550, il existait déjà plus de 50 sortes. Jusqu'au XVIIe siècle, les fromages n'étaient pas salés, car le sel était une denrée chère. Ils étaient alors servis en dessert avec de la compote de fruits.

Mais il faudra attendre le XIXe siècle pour que l'art fromager connaisse véritablement une révolution. Pasteur, et son collaborateur, Ilya Mentchikov, découvrirent que des micro-organismes provoquaient la fermentation de certains aliments - notamment celle du lait - et que certaines bactéries pouvaient être détruites par la chaleur : ils venaient d'inventer la pasteurisation qui allait permettre l'éclosion puis le fantastique essor de l'industrie fromagère.

* Patrick Taillez (unité de Recherches laitières et Génétique appliquée, Jouy-en-Josas) a fait une "mini-revue sur les bactéries lactiques, ces êtres vivants apparus il y a près de trois milliards d'années" dans la revue Lait, n°81, 2000, pp. 1-11.



Salon de l'agriculture 1991. À gauche Gérard Grosclaude, à droite Maxime Viallet.

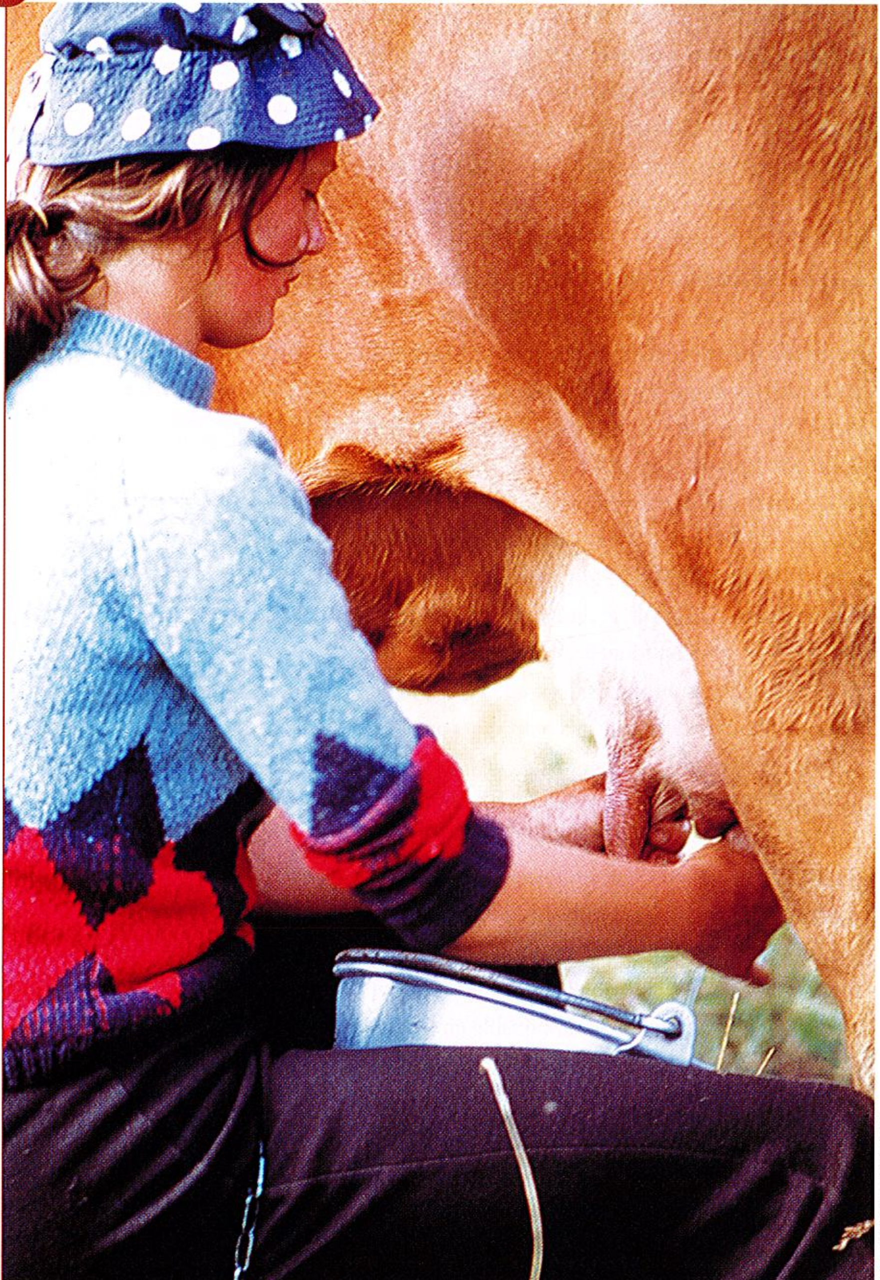


Photo : Gérard Grosclaude

Traite manuelle dans les alpages du Beaufortain.

[1] Coût de fabrication trop élevé, marchés éloignés, changement d'échelle des fabrications...

[2] Pénibilité et astreinte du travail, disparition de la main-d'œuvre familiale, exode rural, âge des producteurs, concurrence d'autres emplois mieux rémunérés...

[3] Respect de nouvelles règles d'hygiène et de normes nationales et européennes...

[4] Changements dans la composition de la matière première, capacités de transformation trop limitées de l'outil de production, inadaptation des matériels proposés par le marché...

[5] Voir le témoignage de Maxime Viallet ancien président de l'Union des Producteurs de Beaufort.

Cette prudence dans les évolutions techniques permettait dans le passé de faire évoluer des pratiques empiriques par tâtonnements successifs et mises au point limitées sans provoquer de brutales mutations. Les conditions de l'économie et la relative autarcie de ces productions s'accommodaient de cette démarche qui ne provoquait pas de traumatisme préjudiciable au produit. Évoluer lentement permettait de bien peser les conséquences de toute intervention susceptible d'avoir des répercussions multiples et difficilement prévisibles à tous les stades de la fabrication. C'est ce que disait Germain Mocquot en faisant allusion à certains "*producteurs de fromage de "haut de gamme" qui sabotent eux-mêmes, par ignorance et courte vue, la qualité de leurs produits face à l'emploi saugrenu de techniques inadaptées*".

Les fabricants d'antan ont dû adopter des techniques nouvelles soit par tâtonnement, soit en suivant une démarche plus rationnelle et scientifique. Science et techniques traditionnelles ne sont pas antinomiques, et si ces dernières ont perduré jusqu'à nous, c'est qu'elles avaient des fondements en accord avec des données scientifiques connues aujourd'hui ou que nous découvrirons demain. L'avancement des connaissances a souvent justifié *a posteriori* des pratiques ancestrales et une découverte scientifique ou une mise au point technique, pour être applicables, doivent tenir compte du contexte dans lequel elles sont appliquées. Hormis l'attachement viscéral à la tradition, trois freins limitent l'adoption de technologies innovantes :

- la méconnaissance des données scientifiques qui régissent les phénomènes à la base des processus empiriques de transformation.
- la peur légitime de banaliser un produit qui, en s'éloignant de la tradition, s'éloignerait par là-même de son terroir.
- la crainte de perturber un marché et sa clientèle habituée à un produit bien caractéristique.

Une évolution est cependant rendue nécessaire par des contraintes d'ordre économique [1], social [2], réglementaire [3] et technique [4].

L'histoire du Beaufort, un fromage de montagne

L'adoption de technologies nouvelles pourra permettre dans certains cas de surmonter ces contraintes et pour illustrer ces propos, l'exemple du Beaufort est très démonstratif. Le fromage de Beaufort, produit traditionnel de terroir, est sans conteste une des plus belles réussites du monde rural de la fin du vingtième siècle. Cette société montagnarde avait subi comme beaucoup d'autres le traumatisme des années qui ont suivi la deuxième guerre mondiale ; et pour mieux préserver une économie essentiellement axée sur la production fromagère, elle a centralisé l'affinage de ses fromages dans des caves coopératives, puis, par la suite, la fabrication très dispersée dans de petits ateliers a dû être regroupée dans des coopératives de vallée. Ce changement d'échelle a tout perturbé, et Maxime Viallet [5], cette figure emblématique du Beaufort, disait : "*Faire du Beaufort avec du lait collecté n'avait jamais marché ; les expériences réalisées n'avaient jamais donné que des gruyères éraillés ou mille-trous... c'est alors qu'a pris corps la collaboration avec les chercheurs de l'INRA, et c'est là que réside le principal secret de la réussite du Beaufort*". Cette collaboration entre la science et l'empirisme a permis de surmonter les contraintes qui handicapaient le développement du Beaufort tout en respectant sa tradition. Une certaine mécanisation, tant au niveau de la fabrication en cuve que du moulage, du pres-

sage et du salage a permis tout à la fois des conditions de travail comparables à celles des industries "évoluées" ainsi qu'une plus grande régularité des fabrications qui allait de pair avec une augmentation de la production et de la qualité. Avant d'introduire cette mécanisation dans un processus traditionnel et en particulier le soutirage sous vide du fromage, de longs essais avaient été faits pour juger de la qualité des fromages affinés et de leur conformité à l'image du Beaufort. Les cuves de fabrication en cuivre, la toile de lin et le cercle de bois du Beaufort dont l'usage se justifiait tant sur les plans technologique que scientifique ont été conservés tout comme les planches en bois d'épicéa pour l'affinage des fromages. Les soins initiaux des fromages en cave ont été mécanisés à la coopérative de Beaufort alors que le Comté n'était pas encore équipé de machines automatiques à soigner les fromages.

"Ces grandes montagnes d'une beauté sévère où une population laborieuse a vécu et peiné pendant des siècles, accrochée aux pentes avec leurs troupeaux de petites vaches agiles, population qui passait bien souvent pour misérable aux yeux des gens de la plaine où les labours sont profonds et les moissons abondantes. C'est toujours cette contradiction étonnante entre la rudesse du pays, la pauvreté persistante de la vie quotidienne et ses rigueurs à travers les siècles et la surprenante finesse, l'incroyable qualité des "recettes fromagères" que ces gens ont, après combien d'essais infructueux, après combien d'échecs, réussi à découvrir, à perfectionner et à nous transmettre."

Germain Mocquot

Les professionnels du Beaufort sont très attachés à l'emploi des présures traditionnelles qui font également office de levains par l'apport d'une flore microbienne variée et sauvage. Cette flore s'ajoute à celle du lait cru et confère au fromage des qualités organoleptiques auxquelles ne pourrait prétendre un fromage fabriqué avec des levains classiques du commerce. Ces présures traditionnelles élaborées sur "recuite", avaient des caractéristiques aléatoires et étaient de ce fait souvent responsables de problèmes au niveau de la fabrication et de l'affinage. De longs travaux de recherche ont permis de mieux connaître la composition de ces levains, leurs caractéristiques et leurs exigences de culture afin d'en mieux maîtriser la fabrication et la conservation. Sans ces travaux, il aurait fallu abandonner une technique traditionnelle tout à fait justifiée scientifiquement ou continuer à subir les aléas de phénomènes non maîtrisés.

Le lait, matière première du Beaufort, représente un facteur essentiel dans la qualité et la typicité de ce fromage, et l'abandon progressif des alpages risquait de faire disparaître un cru de lait indispensable à son renom. L'adaptation de la machine à la traite des grands troupeaux d'alpage a permis d'éviter le tarissement d'une matière première qui aurait pu compromettre la pérennité du Beaufort. La mise au



Photo : Gérard Grosclaude

Cormet (col) de Roselend dans le Beaufortain.


Alpages de Hauteluce.

Photo : Gérard Grosclaude

L'Appellation d'origine contrôlée du Beaufort, le développement de sa production, le choix de s'adresser à la recherche pour conserver au fromage ce que son patrimoine traditionnel avait de meilleur et de faire évoluer ce qui pouvait l'être sans modifier sa qualité n'auraient pas suffi sans la machine à traire, qui a été un élément essentiel de la relance des alpages, facilitant la vie des hommes, ouvrant et maintenant des passages.

"On s'est rendu compte que la traite à la main n'allait pas durer et qu'il fallait envisager l'emploi de la machine à traire et avant toute chose éduquer les gens à l'utiliser pour être sûr d'avoir une matière première de qualité".

Dans le Beaufortin, la main-d'œuvre devient plus rare et plus chère : les jeunes, rebutés par la pénibilité de la "remue"* et de la traite en montagne, préfèrent travailler à EDF ou dans les stations de ski. La production laitière estivale diminue. Les chercheurs opèrent une traduction simple : Beaufort = lait d'alpage = alpagistes = traite mécanique. Ils estiment que la production du lait d'alpage est indispensable *"tant au renom qu'à la production des meilleurs Beaufort"*. Pour retenir les alpagistes en montagne, il est indispensable de rendre la tâche moins pénible, donc de la mécaniser. À la fin des années 60, la traite mécanique se répand dans les campagnes françaises mais elle n'atteint pas les zones montagneuses où la petite taille des exploitations, le faible revenu des agriculteurs, la forte pente, la pratique de la remue et toutes les contraintes de la traite en montagne limitent sa diffusion. L'équipe de recherche INRA se lance dans la mise au point d'un "ensemble de traite mécanique mobile".

Le concepteur de la machine s'intéresse aux performances techniques (temps de traite) de la machine, aux conditions de travail, aux règles d'utilisation (nettoyage) permettant d'assurer la qualité du lait... La machine mobile a également pour fonction de maintenir une fertilisation homogène des alpages.

Ce matériel doit répondre à de multiples contraintes imposées par l'environnement. Il est notamment nécessaire :

- de disposer d'un matériel léger et porté (4 roues motrices sont nécessaires en montagne) permettant les déplacements et, éventuellement, la traite sur les pentes de 25 à 30% et pouvant servir au transport du lait
- de changer d'emplacement à chaque traite pour ne pas abîmer la prairie, et pour éviter aux animaux des déplacements préjudiciables à la production laitière
- de disposer d'une protection contre les intempéries
- de disposer d'une installation simple à manipuler et à laver et permettant de recueillir le lait directement dans des bidons sur le véhicule
- de faire en sorte que la machine ne soit pas "dommageable à la qualité du lait".
- de répartir la fumure (bouses) sur toute la surface de l'alpage comme dans la pratique traditionnelle et ainsi de ne pas concentrer l'essentiel de cette fumure en un seul lieu comme c'est le cas quand on trait dans une halle et à plus forte raison quand les animaux y passent la nuit.

C'est grâce à l'atelier de mécanique lié à la laiterie expérimentale de Jouy-en-Josas, dirigé par Daniel Vermeire, qu'un prototype a pu être réalisé.

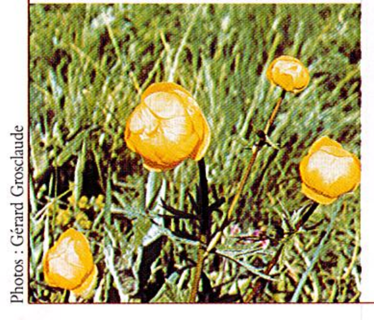
Au cours de l'été 1974, ce matériel de traite est mis en expérimentation. Il est monté sur un petit tracteur montagnard à 4 roues motrices. Les animaux sont traits en épi, 3 de chaque côté du plateau de l'engin. La traite nécessite 4 personnes : un bon trayeur et un aide qui va chercher les vaches et les prépare de chaque côté. Pour un troupeau de 100 vaches, le temps moyen de traite est compris entre 1h45 et 2h30 alors que la traite à la main nécessite 5 ou 6 bons trayeurs pendant 3 h. L'étude économique réalisée par un autre chercheur situe le seuil de rentabilité de l'équipement de traite au niveau d'un troupeau de 60 vaches au minimum. 2 prototypes de la machine à traire ont été mis au point à l'INRA. À partir de l'été 1977, la fabrication de ces machines se développe de manière fulgurante. Elles sont toujours utilisées aujourd'hui.

Extraits de *"Les chercheurs et l'innovation. Regards sur les pratiques de l'INRA. La relance du fromage de Beaufort"* INRA Éd., 1998, p. 84 à 115.
* Déplacement saisonnier du bétail et des personnes à différents niveaux d'altitude sur le territoire communal des villages.

De haut en bas :
- Gentiane printanière *(gentiana verna)*
- anémones
- trolles







Photos : Gérard Grosclaude

point d'un tel matériel représentait pour beaucoup une gageure et elle a nécessité presque deux années de travaux préliminaires et de formation, mais le lait qui est maintenant trait mécaniquement dans les alpages contribue par sa haute qualité au renom du Beaufort (voir l'encart). Toujours pour conserver et même améliorer la qualité biochimique des laits, la sélection des reproducteurs tient compte des travaux des chercheurs concernant les variants génétiques de la caséine dont l'importance est maintenant établie en ce qui concerne l'aptitude fromagère des laits et la qualité ultérieure des fromages.

Nous nous bornerons ici à ces quelques exemples, mais beaucoup d'autres recherches à caractère innovant ont été faites et se poursuivent pour mieux maîtriser les techniques traditionnelles et pour prévoir en temps utile les évolutions et devancer l'événement. Il faut aussi beaucoup de vigilance et d'autodiscipline de la part des producteurs pour ne pas perdre le bénéfice de ce qui a été acquis et ne pas compromettre cette réussite exemplaire du Beaufort. Ces producteurs, en agriculteurs respectueux de la nature et de l'environnement, savent qu'il faut éviter les bouleversements et "que se hâter lentement" relève d'une nécessaire prudence car les méthodes empiriques ont leurs raisons d'être ; il faut prendre le temps d'en comprendre les motivations scientifiques et d'évaluer l'incidence des changements apportés par les nouvelles techniques expérimentées. Il faut avoir la science modeste et ne pas oublier qu'un phénomène est généralement le résultat de multiples données qui interagissent de façon souvent imprévue. Il faut respecter l'expérience du passé, c'est-à-dire la tradition, dans la mesure où l'on n'a pas prouvé qu'elle était néfaste ou pour le moins inutile dans un contexte donné. Garder la tradition c'est ne rien perdre du passé, car, comme le disait Paul Valéry *"c'est avec le passé que l'on construit l'avenir"*.

Gérard Grosclaude

Le fromage de Beaufort

Ce fromage est le fruit du travail et de l'imagination de toute une population qui a voulu maintenir sa fabrication en montagne.



Photo : Gérard Grosclaude

Tarine dans les alpages du Beaufortain.

L'histoire du Beaufort

La vocation fromagère des Alpes s'exprime déjà à l'époque gallo-romaine. Pline Le Jeune signale à la cour impériale de Rome la présence de *vatusium*, fromage de grande forme. Le gigantesque travail de défrichement entrepris au Moyen Age par les communautés monastiques et villageoises dote la région d'immenses surfaces d'alpage susceptibles d'accueillir de grands troupeaux. Selon les vallées, leur géographie et le comportement des populations, l'exploitation de ces alpages est plutôt individuelle dans le Beaufortain et en Haute-Tarentaise, plutôt collective avec les "fruits communs" en moyenne Tarentaise et mixte en Maurienne.

Le savoir-faire issu de la tradition de fabrication du "vachelin" au Moyen Age, de la "Robbe d'été" fromage de la belle saison et des "gruyères" permet dès le 17e siècle la fabrication de la "grevire", gruyère en patois. Cette production bénéficie d'une notoriété importante, comme en témoignent des écrits du 18e siècle et l'avis de réquisition de dix mille quintaux par le Comité de Salut Public pour alimenter Paris durant la Révolution Française. La désignation "Beaufort" n'apparaît qu'en 1865.

- Un système ancien

Pour les premières populations qui se sont fixées dans les hautes vallées savoyardes, la principale difficulté de la vie en montagne résidait dans l'hiver long et rigoureux au cours duquel il fallait se nourrir. L'herbe de l'été offrait la possibilité de produire du lait en abondance. Ce lait transformé en fromage de bonne et longue conservation, comme le Beaufort, autorisait le report de sa consommation durant la mauvaise saison. Le système agro-pastoral, délicat ajustement entre culture et élevage, permet la production du lait en grande quantité pendant l'été, en optimisant l'utilisation de la végétation selon l'altitude.

La vocation laitière du Beaufortain, de la Maurienne et de la Tarentaise

La zone d'appellation d'origine du Beaufort n'est pas une région de montagne désertifiée, abandonnée à "l'industrie touristique". L'élevage laitier procure à ses habitants une part essentielle de leurs revenus. Le lait produit par les agriculteurs de montagne, fruit d'un labeur quotidien, est utilisé à la fabrication du fromage de Beaufort [1], qui fait partie des gruyères. Il s'y maintient une tradition et un produit. Le Beaufort est à notre époque l'un des rares fromages ayant conservé les qualités originelles du produit artisanal et il constitue à la fois un aliment sain, équilibré et agréable. Le déguster est aussi une façon d'aimer la montagne.

[1] Le Beaufort, fromage produit exclusivement dans la zone d'appellation d'origine, représentait au total une production de 4 250 tonnes pour l'année 2001. Les productions annuelles du Comté et de l'Emmenthal sont respectivement de 50 000 et 230 000 tonnes en 2002.

Tarines au "pachon", Beaufortain.

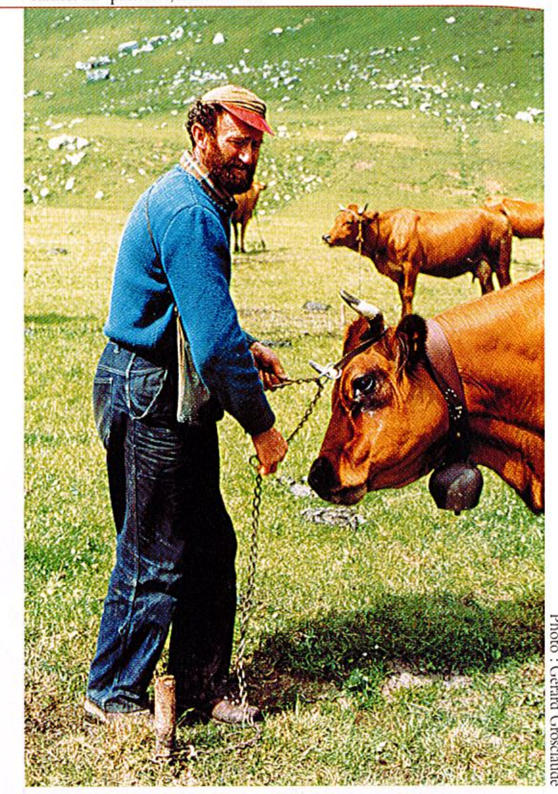


Photo : Gérard Grosclaude

Cette région typique de la Savoie est caractérisée par ses vallées profondes taillées dans un massif de granit et de schistes lustrés.

La nature du sol n'autorise que quelques cultures limitées dans le fond des vallées, mais favorise en moyenne et en haute altitude, d'immenses pâturages qui comptent parmi les plus beaux des Alpes. Ce sont ces alpages coupés de magnifiques forêts qui font la beauté de cette région.

Les alpages

La vocation des alpages est essentiellement laitière ; les troupeaux y montent vers la mi-juin pour en redescendre avant les premières neiges de l'automne. D'octobre à juin, c'est à la fromagerie "fruitière" du village qu'on portait le lait pour faire le fromage ; mais ces fruitières ont pour beaucoup cédé la place à des fromageries coopératives plus importantes.

La période "d'inalpage" est la plus typique de cette forme d'élevage montagnard.

La "Grande Montagne" c'est l'alpage où les vaches des propriétaires de la vallée forment un seul troupeau de Tarine et d'Abondance qui peut atteindre 200 têtes (vaches, génisses, taureaux). Avec le lait du troupeau on y fabrique le Beaufort d'alpage qui doit son arôme et sa finesse à la flore unique des prairies d'altitude (1 500 à 2 500 mètres).

L'exploitation de l'alpage peut être individuelle quand celui-ci appartient à un propriétaire qui l'exploite pour son troupeau et pour les animaux qu'il loue.

Quand il s'agit d'alpages communaux exploités en commun, on appelle cette "montagne" "fruit commun". Ces formes d'exploitation des alpages sont assez complexes et fort anciennes car elles tiennent à de nombreuses traditions et habitudes locales.

Dans les alpages dont l'éloignement de la vallée rend impossible le transport du lait vers la coopérative, le promeneur peut découvrir de juin à septembre un chalet-fruitier avec sa chaudière en cuivre battu où l'on fait encore le fromage de manière traditionnelle. Il en reste une vingtaine aujourd'hui qui fabriquent 4 à 6 fromages par jour dans la période favorable. Ces Beaufort peuvent seuls prétendre au qualificatif "chalet d'alpage".

La traite du matin commence avant l'aube. Elle a toujours lieu en plein air, car le troupeau passe généralement la nuit dehors. Autrefois quand la pente était trop forte, le "pachonnier" établissait pour chaque vache une plate-forme où celle-ci pouvait disposer d'un peu d'espace horizontal pour se coucher ou se tenir debout pendant la traite. C'est aussi le "pachonnier" qui épandait le fumier et plaçait les piquets auxquels on attachait chaque animal pour la traite. Aujourd'hui, dans tous les alpages, on rencontre des machines à traire mobiles montées sur de petits tracteurs de montagne.

Le chalet est dirigé par un fromager ou "fruitier" aidé d'un "séracier". Le séracier tient son nom du "Sérac", fromage fabriqué avec le sérum du Beaufort quand il est retiré de la cuve [2]. Ce fromage, agréable à consommer, ne se conserve pas longtemps ; il servait anciennement à la nourriture du personnel, du chef berger et des bergers. Il est aujourd'hui commercialisé.

Pendant que les bêtes sont dans la montagne, les habitants de la vallée n'ont guère de temps pour se reposer, car il faut faire les foins pour assurer au bétail sa nourriture durant la longue période hivernale.

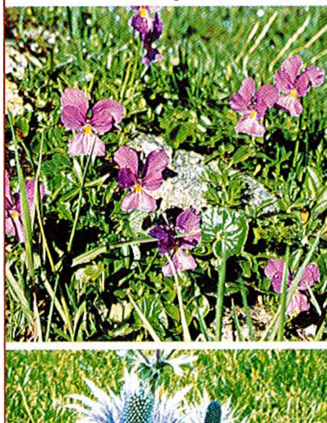
La mécanisation s'est beaucoup développée avec des matériels spécifiques mais reste limitée sur les pentes trop raides, et à l'alpage, sous la pluie, le vent et parfois la neige, l'homme ne peut que subir les éléments.

Alors que l'agriculture de plaine a pu se libérer de nombre de contraintes naturelles, l'exploitation des montagnes reste étroitement tributaire de celles-ci ; aussi les montagnards savent bien qu'il vaut mieux composer avec la nature que lutter contre elle. Bien que leur existence soit rude, ils y restent attachés en essayant d'harmoniser l'acquis du passé avec les exigences d'un monde en perpétuel changement et dont ils veulent cependant maîtriser l'évolution.

[2] Le sérum provenant de la fabrication du Beaufort contient, outre de l'eau, la plus grande partie du sucre du lait (lactose), de l'acide lactique et des sels minéraux. Il entraîne avec lui un peu de matière grasse et les protéines du lait qui ne sont pas coagulables par la présure. À la coopérative, le sérum est écrémé pour récupérer la crème qu'il contient encore.
Cette crème sert alors à faire le beurre tandis que le sérum restant est utilisé en porcherie ou par des ateliers spécialisés.
Fabrication de la présure traditionnelle : le sérum porté à ébullition est "tranché" par addition d'"aizy" pour donner le Sérac et la "recuite".
- Le Sérac est un fromage constitué par les protéines coagulées et la matière grasse du sérum.
- La "recuite" est un liquide clair qui contient principalement le sucre du lait (lactose) ; elle sert à la fabrication de l'"aizy" et de la présure traditionnelle.
- L'"aizy" est de la "recuite" acidifiée en tonneau de bois par des ferments lactiques.

La présure traditionnelle résulte de la macération à 40°C dans de la "recuite" de caillette de veau séchée. Cette dernière apporte une flore microbienne utile et variée ainsi que les enzymes coagulantes (présure) qui sont extraites au cours de l'acidification par les ferments lactiques.

De haut en bas : pensées et chardons bleus des Alpes.





Photos : Gérard Grosclaude

Le lait

Dans la zone de la coopérative de Beaufort, par exemple, l'effectif du cheptel laitier avoisine 3 000 têtes pendant la période d'alpage. En moyenne, chaque vache produit annuellement 3 500 à 5 000 litres de lait destinés à la fabrication du Beaufort. Pour collecter ce lait, la coopérative doit, par exemple en été, organiser douze "tournées" matin et soir. Cela représente une distance de 1 000 km parcourus chaque jour par les camionnettes de ramassage... Étant donné la dispersion géographique de la production et la nécessité de ramasser le lait matin et soir, le litrage de lait collecté au kilomètre parcouru est très faible, ce qui augmente beaucoup le coût de production (45 litres de lait en moyenne par kilomètre). En hiver, le ramassage se fait dans des conditions souvent très difficiles du fait de la rigueur du climat et de la configuration du terrain.

La collecte, pour de nombreuses raisons, se fait toujours en bidons. En effet, étant donné les faibles litrages ramassés par tournée, il faudrait utiliser des citernes de taille très réduite peu rentables. Ce mode de collecte en citerne est fait davantage pour les grosses exploitations de plaine qui stockent leur lait en réservoir réfrigérant pendant parfois plusieurs jours.
Le Beaufort doit être fait avec du lait frais, le moins "manipulé" possible. Dans les bidons de 50 litres remplis complètement, le lait est beaucoup moins agité qu'il ne le serait en citerne sur les routes sinueuses de montagne. De plus, le lait mélangé dans un seul container ne pourrait pas être contrôlé encore une fois à son arrivée à la fromagerie. Si le lait était collecté en citernes, il ne pourrait être individualisé selon sa provenance.

Pendant l'été, le lait provient principalement des alpages et les fromages fabriqués peuvent prétendre aux qualificatifs "été". Durant le reste de l'année, le lait produit dans les exploitations de la vallée sert aussi à la fabrication du Beaufort.
En été, les laits provenant des alpages, accessibles par les camionnettes de ramassage, sont traités séparément, car ce sont ces crus de lait qui donnent les meilleurs fromages.
Le lait est refroidi dès la traite avec de l'eau fraîche et transporté le plus rapidement possible à la coopérative.
À la production, la qualité bactériologique du lait est suivie avec beaucoup d'attention car on ne fera jamais un bon Beaufort avec un lait de qualité moyenne. Pour cela, le lait est non seulement payé au producteur en fonction de sa richesse en matière protéique, mais aussi en fonction de sa qualité bactériologique.

Les fabricants de Beaufort restent fidèles aux principes essentiels de la fabrication de type artisanal dans le respect des règles de l'appellation d'origine : présure préparée avec la "caillette et l'aizy [2]", chaudière de cuivre, cercle en bois de hêtre et toile de lin, pressage du fromage pendant 24 heures avec retour-

Une note politique
Pendant la Seconde Guerre mondiale, Winston Churchill disait de la France, alors sous occupation allemande :
"Un pays qui est capable de donner au monde trois cents fromages différents ne peut pas mourir".
En écho, quelques années plus tard, Charles De Gaulle ajoutait :
"On ne peut pas gouverner un pays qui offre 365 variétés de fromages..."



Photo : ©Jean-Pierre Mirabel - Avec l'aimable autorisation de la Coopérative laitière du Beaufortain (à Beaufort-sur-Doron)

nements... La mécanisation ne sert qu'au soutirage du caillé et à la manutention des fromages (plus de 40 kg quand ils sont frais). Elle facilite le travail du fromager et donc l'obtention d'un Beaufort de la meilleure qualité.

La fabrication du Beaufort

Bien que la fabrication ait évolué au cours des ans, le Beaufort a conservé l'héritage d'un prestigieux passé. Prince des Gruyère, comme l'appellent certains, le Beaufort fait en effet partie de la famille des gruyères.

Mais son originalité réside dans la forme concave de son talon, l'absence de trous dans sa pâte, et surtout dans sa finesse et son arôme incomparables. C'est un fromage typique des montagnes de Savoie. Il bénéficie d'une "appellation d'origine" protégée (depuis un décret du 4.4.1968 dont la dernière version date du 19.1.2001). Sa zone de production est rigoureusement définie.

Ce fromage de Beaufort est l'aboutissement de toute une économie montagnarde, d'une agriculture orientée dès les premiers peuplements de ces vallées vers l'élevage et la production laitière en particulier. Jadis, faire du fromage était une nécessité : c'était mettre du lait en réserve sous une forme qui se conserve aisément pour alimenter la famille durant l'hiver et faire l'objet de transactions commerciales. Faire du fromage, c'est concentrer les matières nutritives du lait par l'élimination de l'eau qu'il contient pour en faire un produit agréable à consommer, et dont la durée de conservation sera d'autant plus grande qu'il contiendra moins d'eau.

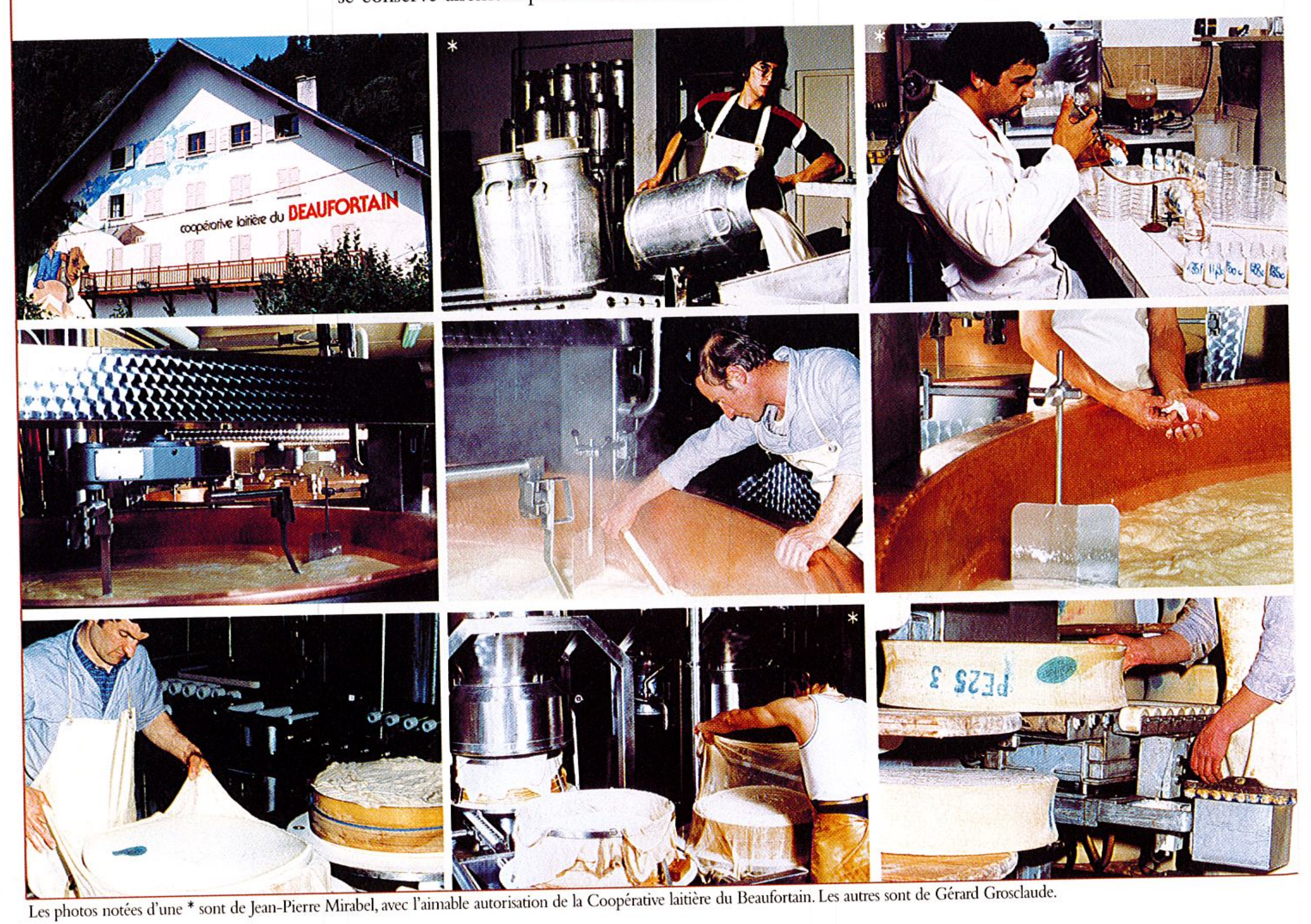
Regardons maintenant d'un peu plus près la fabrication du Beaufort.

- La fabrication

Le lait cru est versé sans aucun traitement, ni pasteurisation, ni écrémage, dans la cuve de fabrication (chaudière). Ces grosses cuves de cuivre peuvent contenir jusqu'à 4000 litres de lait, de quoi faire 8 fromages. Il faut 10 litres de lait pour faire un kilo de fromage.

Au lait qui contient toute sa matière grasse est alors ajoutée de la présure. Cette présure traditionnelle à la "caillette et à l'aizy" est aussi un levain qui apporte tout à la fois les substances (enzymes) coagulantes pour faire cailler le lait et des ferments qui, ajoutés aux ferments "sauvages" du lait, aideront à la fabrication du fromage (acidification) et à sa maturation ultérieure.

C'est au fromager que revient la tâche délicate de faire la "présure traditionnelle" dont la qualité conditionne dans une large mesure la réussite du fromage.



Les photos notées d'une * sont de Jean-Pierre Mirabel, avec l'aimable autorisation de la Coopérative laitière du Beaufortain. Les autres sont de Gérard Grosclaude.

• Sous l'action de la présure, le lait coagule et se présente au bout d'une demi-heure sous la forme d'un caillé assez ferme pour être "tranché".

• Le tranche-caillé entre alors en action pour découper le caillé et le réduire en particules de la taille d'un grain de blé.

• Le découpage du caillé (ou décaillage) terminé (ce qui demandera une dizaine de minutes), on procède à un brassage de plus en plus rapide de la masse de grains, tout en la chauffant légèrement jusque vers 45°C.

• Dans une phase ultérieure, le chauffage s'intensifie de façon à porter toute la masse à près de 55°C (d'où le nom de fromage à pâte cuite).

• Cette opération dure jusqu'à ce que le grain soit "bon à soutirer". C'est là que le fromager doit juger avec précision du moment opportun. Trop tôt, le grain n'est pas assez "ressuyé" ; trop tard, il ne se soude plus comme il convient pour former la masse du fromage.

Pendant le brassage et le chauffage, que se passe-t-il ? Les ferments lactiques commencent à transformer le sucre de lait (lactose) en acide lactique. L'acidification, la chaleur et le brassage conjugués, provoquent la rétraction du grain de caillé qui perd de plus en plus d'eau en expulsant le sérum [2] qu'il contient, concentrant ainsi la matière noble du lait

• **Valeur nutritionnelle**

Le Beaufort est un aliment à haute valeur nutritionnelle et une importante source de protéines :
30 grammes de matière grasse et 30 grammes de protéines dans 100 grammes de Beaufort frais ;
60 grammes de Beaufort équivalent à 2 œufs ou 3 verres de lait ou 100 grammes de viande de bœuf ;
il constitue une source importante de calcium : 1 gramme de calcium pour 100 grammes de Beaufort.

• **Les ateliers de production**

8 coopératives permanentes assurent 73% de la production
1 coopérative d'affinage
5 groupements pastoraux (système de gestion collective des alpages, autrefois "fruits communs")
24 producteurs particuliers (transformant uniquement le lait de leur troupeau)
2 acheteurs de lait.
Les producteurs demeurent maîtres à 86% de la production qu'ils transforment eux-mêmes, en coopératives ou en groupements pastoraux

• **Les exploitations**

700 exploitations assurent la production du lait à Beaufort. Elles sont de petite taille, puisque la moyenne de production par exploitation est de 60 000 kg de lait par an (la moyenne nationale étant de 100 000 kg par an).

• **Les hommes**

Le nombre d'actifs sur les 700 exploitations est de l'ordre de 1000 personnes, certaines ayant une double activité souvent liée au tourisme. Les ateliers de transformation génèrent une centaine d'emplois.

• **Le troupeau laitier**

Le cheptel du Beaufort s'élève à près de 10 400 vaches laitières Tarine et Abondance. La moyenne de production ne doit pas excéder 5 000 kg de lait par vache, par an.

• **Organisations interprofessionnelles**

L'Union des Producteurs de Beaufort regroupe l'ensemble des coopératives de la zone Beaufort.
À l'origine du renouveau du Beaufort, l'UPB a mis en place un service technique financé par une cotisation au kilo de lait transformé.
Le Syndicat de Défense du Beaufort, créé en 1975, a vocation à regrouper l'ensemble des ateliers et des producteurs de lait. Il est plus particulièrement chargé de la promotion collective et de la gestion de l'Appellation d'origine contrôlée ; à ce titre il est l'organisme agréé par l'Institut national des Appellations d'origine.

Extraits d'une publication du Syndicat de Défense du fromage de Beaufort, 2000.





Photo : Gérard Grosclaude

Soins aux fromages en cave : frottés avec de l'eau salée, retournement...

[3] Le Beaufort est un fromage à pâte lisse de couleur ivoire à jaune pâle, son talon est concave et comporte une plaque de caséine bleue. Il contient 61% d'extrait sec et au minimum 48% de matière grasse. Le poids des meules peut être compris entre 20 et 70 kg, leur diamètre peut varier de 35 à 75 cm et leur hauteur de 11 à 16 cm.

Extraits d'un dépliant de la coopérative de Beaufort.

(les protéines représentées par la caséine et la matière grasse).

• Le mélange des grains et du sérum est enfin aspiré par le vide et réparti au sommet des huit cloches de soutirage où la masse du caillé est maintenue dans une toile de lin et un cercle de bois pour être placée ensuite dans une balancelle de pressage.

• Jusqu'au lendemain matin le fromage est retourné 4 à 5 fois et pressé avec une force proche de 1 000 kg. Il perd encore de son sérum, les grains de caillé se soudent et le Beaufort prend sa forme définitive dans la toile entre le cercle de bois de hêtre et les foncets.

Le fromage sort de presse le lendemain pour être mis en saumure. Le passage dans le bain de saumure permettra de saler déjà un peu la pâte et de durcir le fromage en surface pour amorcer la formation de la croûte.



Le Beaufort, demain

• La tentation de dévier des pratiques traditionnelles existe

Face aux réalités économiques, il peut y avoir un risque de déviances :
- l'orientation trop exclusive vers la mono-production laitière
- l'aggravation du déficit structurel de la production fourragère et l'achat important de fourrages extérieurs et d'aliments concentrés, moins coûteux que le bon entretien des alpages et des prairies de fond de vallée à forte pente
- l'exploitation défectueuse des alpages mal équipés et mal désenclavés
- la montée générale de la végétation arbustive et des friches en vallée.

Les causes en sont multiples :
- la diminution de la main-d'œuvre active et des petites exploitations
- la pénibilité de la fenaison en pente
- le surcoût des bonnes pratiques agricoles
- le parcellaire atomisé des terres non remembrées et la ponction de terres exploitables au profit de l'urbanisation
- la formation et le développement agricole trop orientés vers une politique du quantitatif en faisant abstraction de l'aménagement et de l'environnement.

• Les organisations du Beaufort prennent des mesures de sauvegarde*

La production laitière par vache est désormais limitée afin de conserver des troupeaux importants. L'alimentation des troupeaux fait l'objet de conditions restrictives, la ration de base devant se composer exclusivement de foin ou d'herbe pâturée. La politique des organisations de Beaufort tend vers une plus grande autonomie fourragère, pour utiliser au maximum les ressources locales. Des règles de conduite des troupeaux en alpage sont imposées afin de favoriser des prairies de qualité. La charte mise en place pour aider les jeunes agriculteurs dans leur installation a aussi pour vocation de les sensibiliser aux exigences de l'AOC.

• Le Beaufort et l'élevage ne peuvent assurer seuls le revenu des agriculteurs de la région

On ne peut envisager l'avenir d'une production comme le Beaufort en faisant abstraction du contexte économique et politique. Aujourd'hui, la notion d'Appellation d'origine contrôlée est reconnue au niveau communautaire, ce qui garantit l'exclusivité de production du Beaufort dans sa zone actuelle. Il s'agit d'un acquis important. Par contre, la rigueur aveugle de la gestion des quotas laitiers freine l'installation de jeunes agriculteurs qu'il faut cependant encourager car il s'agit bien de l'avenir de la filière.

La beauté du paysage est un des atouts majeurs de la Savoie. Les vacanciers sont très fortement préoccupés par la "fermeture" du paysage aux environs des villages et sur l'ensemble de la montagne. S'il fallait le démontrer pour s'en convaincre, l'entretien de l'espace représente bien une priorité absolue pour pérenniser l'activité touristique de la région. Or, ce sont les mêmes pratiques qui concourent à la production d'un fromage de qualité et à l'entretien de l'environnement ; l'activité agricole est de toute évidence la solution la plus efficace et la moins coûteuse pour assurer ces deux fonctions.

Le dur handicap des pentes et de l'altitude fait qu'il est nécessaire de considérer que l'entretien de l'espace par les agriculteurs dans les hautes vallées savoyardes est un service qui doit être rémunéré par la collectivité pour que la beauté du paysage alpin et le Beaufort, fromage de grande notoriété, continuent d'être.

D'après une publication du Syndicat de Défense du fromage de Beaufort, 2000.

* Ainsi qu'un certain nombre de communes et de collectivités. Maxime Viallet avait reçu le prix Béatrice de Savoie ; il l'avait consacré à la relance des concours d'alpages il y a 2 ans en créant un prix Maxime Viallet pour récompenser la qualité d'une exploitation, de son troupeau, de sa gestion de l'espace, de son fromage.
Par ailleurs, l'Union européenne semble évoluer ver la prise en compte des aspects environnementaux dans la politique agricole.

- L'affinage en cave

Après une journée en saumure, le fromage est séché puis mis en cave. C'est alors que va commencer la longue période d'affinage pendant laquelle le Beaufort, posé sur des planches d'épicéa, devra être retourné, salé et frotté régulièrement. Cela représente 10 tonnes à retourner par jour à l'échelle de la production d'une coopérative. Le sel migre ainsi vers l'intérieur du fromage. Son affinage dure au moins six mois dans les caves fraîches (10°C maximum) et humides. Son poids est en général de 40 à 45 kg et la croûte est d'un brun roux qui rappelle la couleur des vaches Tarine.

Les caractéristiques particulières de température, d'humidité de la cave et les "soins" appliqués en surface, permettront le développement sur la croûte, de ferments spécifiques (la "morge"). Les enzymes élaborées par ces ferments tout comme celles qui se trouvaient dans le lait (et qui proviennent soit de la présure, soit de la flore sauvage, soit du lait lui-même), vont concourir à la maturation de la pâte. Il s'agit, en effet, d'une lente et complexe transformation (hydrolyse) de la caséine et de la matière grasse. Les produits aromatiques formés au cours de cette fermentation, donneront au fromage, son parfum subtil et sa saveur typique.

Ce lent mûrissement terminé, le fromage sortira de la cave, prêt à être commercialisé et consommé [3]. C'est un produit fragile de haute valeur gastronomique et nutritive, dont tous les producteurs ont à cœur de conserver la qualité traditionnelle.

Gérard Grosclaude
et *Gérard Oeuvrard*,
ingénieur à la Coopérative laitière du Beaufortain



Photo : Gérard Paillard

La collecte se fait toujours en bidons. Pour séparer le lait de chaque producteur (traçabilité) et pour préserver sa qualité (agitation), des bidons de 50 litres sont utilisés.

Germain Mocquot, un homme de la plaine au secours des paysans de montagne

TÉMOIGNAGE
par Maxime Viallet*

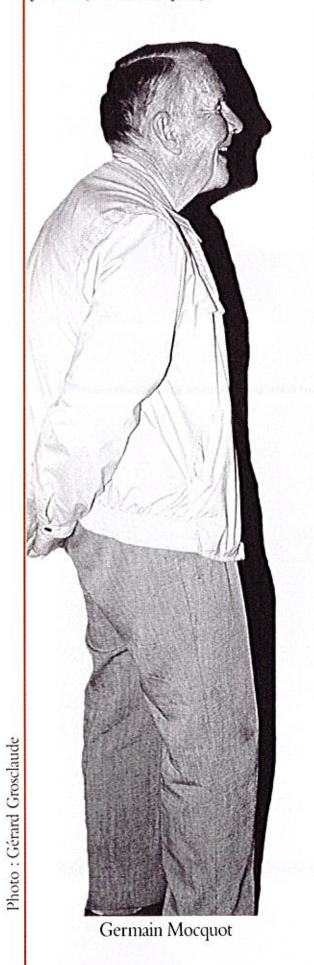
* Disparu le 2 juin 2002.
Il a été en particulier :
- président de la Coopérative laitière de Beaufort
- président de la FDSEA de Savoie
- président de l'Union des producteurs de Beaufort
- membre de la chambre d'Agriculture de Savoie
- président du Syndicat de défense du Beaufort
- membre de la commission "montagne" de la FNSEA
- conseiller municipal.

Il était donc tout à la fois agriculteur, alpagiste, responsable professionnel et syndicaliste.

Nous remercions Philippe Mazure de nous avons permis de reproduire ses très belles photos (voir bliblio p.29).


Photo : © Philippe Mazure

Les mulets sont toujours utilisés pour le transport des fromages, des matériaux, des provisions, des chaudrons de cuivre au cours des remues dans les zones difficilement accessibles. Anastase Personnettaz, agriculteur dans le Beaufortain.


Photo : Gérard Grosclaude

Germain Mocquot

[1] Plus tard, Gérard Grosclaude fut l'initiateur de la traite mécanique en alpage en construisant à cet effet une machine à traire mobile (avec l'atelier INRA à Jouy-en-Josas, dirigé par Daniel Vermeire) (voir l'encart).

Si Germain Mocquot n'était pas venu en Savoie, le fromage de Beaufort serait-il ce qu'il est aujourd'hui ? Rien n'est moins sûr !

Début juillet 1947, il était arrivé de la station de recherches laitières de Poligny, avec plusieurs de ses collaborateurs, pour étudier le lait et les fromages de nos grands alpages du Beaufort. Ainsi, il répondait à une demande de Pierre Davoine, directeur à l'époque de la Société Coopérative du Beaufort de Haute-Montagne (société qui disparut plus tard), dont l'objectif était d'assurer l'affinage et la commercialisation du Beaufort de montagne. Cette coopérative se trouvait aux prises avec d'importants problèmes de gestion, de commercialisation et de qualité de fromage irrégulière.

Pour leur travail, Germain Mocquot et son équipe s'établirent sur l'alpage de mes parents au Montclocher, commune de Hauteluce, en partageant la vie des alpagistes. Ils laissèrent, notamment Germain Mocquot, un souvenir inoubliable à toute la famille, tant sur le plan humain que sur celui de la connaissance des choses. Il savait se mettre au niveau de chacun. Il connaissait tout sur le lait, la manière de le traiter et avait le conseil efficace et toujours adapté. Le souvenir qu'il a laissé est toujours resté gravé dans la mémoire des gens d'alors.

Après la guerre, dès le début des années 1950, la société rurale dans laquelle nous vivions se mit rapidement à changer. Le développement des moyens techniques mettait en porte-à-faux le système agro-pastoral, non pas parce qu'il était dépassé, mais parce que subitement, il devenait archaïque. Il fonctionnait avec une main-d'œuvre abondante, peu exigeante, peu rémunérée.

Tout était manuel, les transports à dos d'homme ou à dos de mulet. On passait d'une société presque autarcique, d'une économie de subsistance à une économie de marché avec des besoins qui s'amplifiaient. Cela ouvrait la voie à l'exode rural, qui allait en s'accélérant, tant les handicaps étaient lourds. Les basses vallées s'industrialisaient. On était à la construction des barrages de montagne (Roselend, Tignes...), au plan "Neige" pour la création des grandes stations de sports d'hiver. Tout le monde ne pouvait pas partir, surtout quand on est installé avec femme et enfants : propriétaire d'un patrimoine foncier, attaché à sa maison, à la vie du village. Il y eut un sursaut venu d'un groupe d'anciens clairvoyants et de jeunes entreprenants. Ce fut la création en Beaufortain, Tarentaise et même Maurienne, de nouvelles structures fromagères comme la Coopérative de Beaufort. On voulait continuer à fabriquer du Beaufort, mais en regroupant le

lait de tous, alors qu'autrefois il ne se faisait que sur place, avec le lait d'un seul troupeau et fabriqué tous les jours, matin et soir.
C'était bien là la gageure. On changeait la filière d'antan. Les fromages fabriqués avec les laits de mélange étaient médiocres, irréguliers. Parfois il fallait les envoyer à la fonte. Des conseilleurs qui n'étaient pas les payeurs suggéraient d'installer des tanks de report et de pasteuriser le lait. Les nouvelles coopératives connurent de nombreuses péripéties. Cependant, dans l'esprit des montagnards qui possédaient en eux depuis des siècles une vieille culture fromagère, l'hostilité à la pasteurisation du lait était ambiante. Le souvenir des travaux de Germain Mocquot en 1947 fut évoqué. L'ayant connu, il me revint d'établir le contact. C'était en 1965, il était alors directeur du département de technologie laitière à l'INRA. Il nous reçut à Jouy-en-Josas, avec intérêt et bienveillance, parlant de la pasteurisation comme de la "niveleuse universelle" de toutes les différences. Elle ne pouvait convenir aux objectifs d'un fromage haut de gamme. Il nous proposait un chemin à suivre. Puis pendant un temps les choses en sont restées là... il faut du temps pour tout.
Après de nombreuses péripéties, des avatars divers, les orientations s'étant éclairées, devenues stables, les relations avec l'INRA furent rétablies. L'un des ingénieurs de Jouy-en-Josas, Gérard Grosclaude [1], en fut l'artisan. Germain Mocquot vint plusieurs fois avec lui à Beaufort. Sous l'égide de la Chambre d'Agriculture de la Savoie, un contrat d'assistance technique entre l'INRA et l'Union des producteurs de Beaufort fut conclu, en ayant comme support la Coopérative de Beaufort.
La voie élaborée avec Germain Mocquot était de conserver au Beaufort tout ce que son patrimoine ancestral avait de meilleur et n'introduire des modifications techniques qu'après avoir rigoureusement vérifié que la qualité des produits demeurait intacte. Toute l'évolution de la chaîne Beaufort était à maîtriser compte tenu des modifications intervenues depuis sa fabrication à partir de lait collecté.
Ce fut la résurrection du Beaufort dont la notoriété était tombée au plus bas. Les chercheurs de l'INRA se mobilisèrent chacun dans son domaine de responsabilité. Beaucoup de travail pour un produit noble certes, mais d'un faible tonnage : ce fut le résultat concret de dix années de collaboration de la Coopérative de Beaufort avec l'INRA. Avec l'appui d'un contrat DGRST [2], un ingénieur put être engagé par la coopérative. Toute la filière du Beaufort fut recréée et maîtrisée en allant jusqu'à l'amélioration des conditions de travail des salariés, comme l'installation du soutirage sous vide (système Châlon-Mégard) adapté au fromage de Beaufort. Le vœu de Germain Mocquot de garder le Beaufort à la France fromagère était réalisé. La notoriété de ce fromage aujourd'hui le confirme amplement. Les consommateurs, comme les paysans de montagne qui restent encore, lui doivent une immense reconnaissance.

L'évolution est perpétuelle et s'accélère même. Déjà la disparition des cultures vivrières, les labours n'étant plus pratiqués, l'excédent des matières organiques (lisier, fumier) épandues sur les prairies en grande abondance modifiaient la flore dans un sens défavorable au cours des années 1970.
Germain Mocquot, qui s'inquiétait avec nous, provoqua une réunion de l'INRA à Beaufort, sous la présidence de Jacques Poly, son président directeur général. Ce fut le départ d'un important programme de recherche, aboutissant par la suite à la création d'un Groupement d'intérêt scientifique (GIS Alpes du Nord), dont le rôle sera important pour l'avenir de l'agriculture de montagne (voir l'article suivant).
Rien n'est jamais totalement acquis. Malgré la réussite exemplaire du Beaufort (sans elle, il ne resterait plus d'agriculteurs dans les hautes vallées savoyardes), la population active s'est mise à diminuer fortement dans les années 1990 (plus de 50% en 9 ans). Les incidences de la nouvelle PAC ont été néfastes. Les agriculteurs abandonnent de plus en plus la fenaison des terrains en pente, dont le coût de travail revient à 6,5 fois celui de la fenaison en plaine. La solution serait de considérer l'entretien de l'espace montagnard comme un apport de tertiaire à la société et de lui apporter une rémunération adaptée (pas des subventions) ce qui permettrait aux agriculteurs de se maintenir et à la société de mieux gérer et au moindre coût le maintien de son environnement et de conserver les races bovines comme la Tarentaise ainsi que le fromage de Beaufort dans son authenticité.

Nous pouvons affirmer que si Germain Mocquot était encore là, il nous aiderait à gagner pour l'avenir de l'homme, ce nouveau combat.

Voir à ce sujet le supplément *INRA mensuel*, "Agriculture, territoires... quels partenariats pour la recherche ?" n°114, octobre 2002.

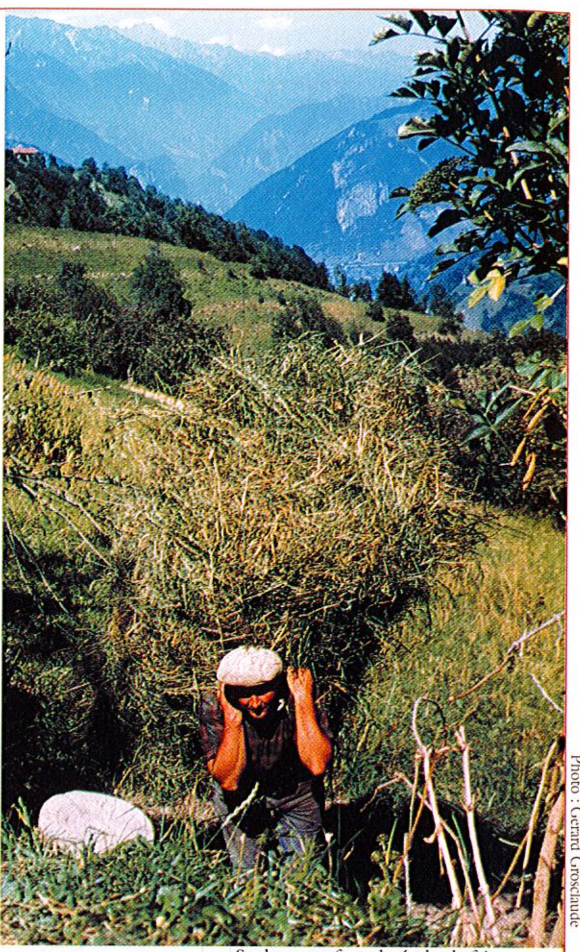
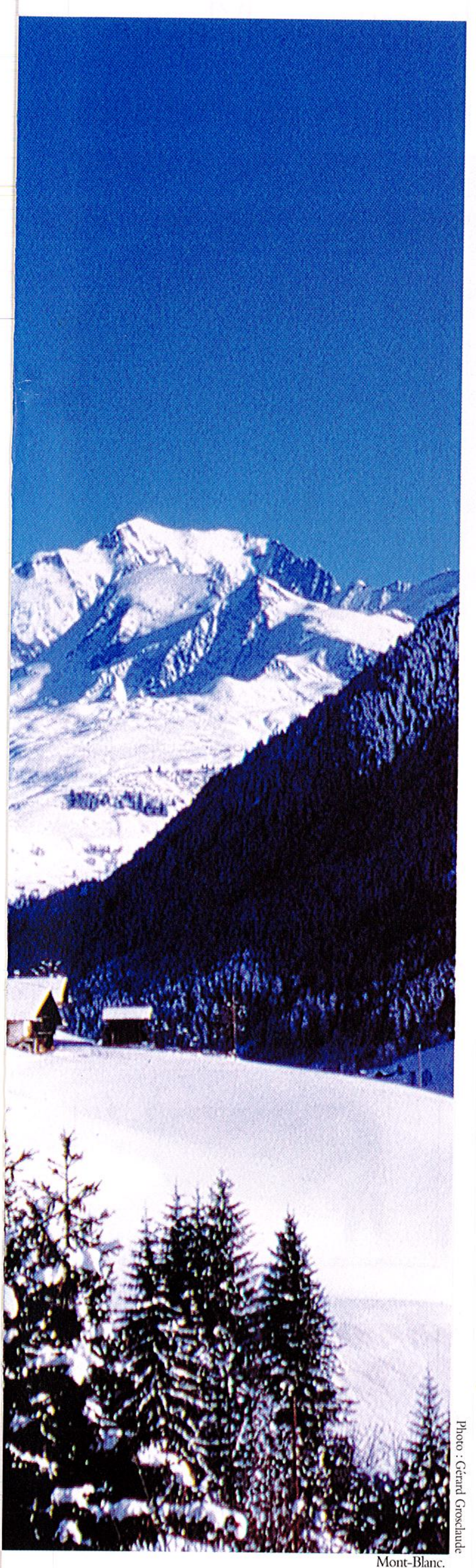

Photo : Gérard Grosclaude
Sur les pentes fortes, la récolte du foin est souvent un travail pénible.



Photo : Gérard Grosclaude
De gauche à droite : Germain Mocquot, le directeur de la DDA, Michel Barnier (président du Conseil Général) et Maxime Viallet.
Assemblée générale du Syndicat de Défense du Beaufort. Valmorel, années 80.

[2] Délégation générale à la recherche scientifique et technique.

Des premières recherches à nos jours. Le GIS Alpes du Nord


Photo : Gérard Grosclaude

Mont-Blanc.

L'aventure du Beaufort vécue par la recherche, les éleveurs et les producteurs de fromage, s'est poursuivie au début des années 80 en s'élargissant de plus en plus jusqu'à la création d'un Groupement d'intérêt scientifique (GIS) pour les trois départements des Alpes du Nord, en 1985.

En effet, les modifications du système de production du Beaufort et de l'exploitation des alpages ont entraîné une certaine dégradation de la flore de ces prairies d'altitude (développement du verâtre, plante nuisible pour le pâturage, entre autres) et les chercheurs de l'INRA ont été sollicités à nouveau pour étudier ces prairies et les moyens de maintenir leurs qualités. Du fromage à l'herbe, le questionnement et la mobilisation des chercheurs se sont étendus au milieu physique montagnard, support de ces prairies, aux prairies de fauche des vallées et à la qualité des foins, aux vaches et à leur alimentation, au système de production laitière pratiquant l'exploitation successive des différents étages montagnards (la "remue") et enfin à l'analyse de la diversité de ces systèmes d'exploitation.

En outre, d'autres régions des Alpes productrices d'autres fromages alpins, voyant les succès obtenus en Beaufortain ont souhaité faire le même type de démarche avec les chercheurs concernés de plus en plus nombreux et de disciplines variées. Des travaux ont alors été entrepris dans le pays de Thônes, patrie du Reblochon, dans le même esprit.

Ces divers travaux en étroit compagnonnage avec les éleveurs, leurs syndicats et leurs coopératives, étaient le fait de chercheurs passionnés, engagés individuellement dans ces actions locales, coopérant directement avec quelques collègues des organismes de Développement sans que leurs institutions se soient engagées et sans qu'un programme global ait été formalisé, ni spécifiquement financé.

Les Chambres d'Agriculture des trois départements des Alpes du Nord (Savoie, Haute-Savoie et Isère) qui avaient regroupé leurs efforts sur la montagne au sein d'un groupement interdépartemental (le SUACI Alpes du Nord), motivées par les résultats de ces travaux et par les démarches originales et partenariales des chercheurs, ont souhaité se doter de façon plus formelle, plus permanente et plus officielle de ce concours de la recherche sur les montagnes alpines.

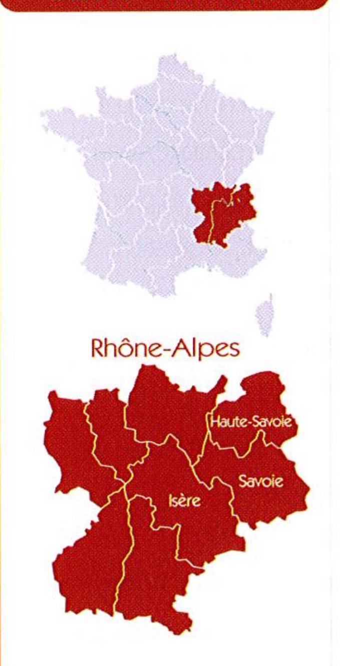
Avec l'appui de l'État en région et des instances régionales, l'INRA, associé au CEMAGREF qui disposait d'un Institut de la montagne à Grenoble, ont alors créé avec le SUACI, un Groupement d'intérêt scientifique, le GIS Alpes du Nord, qui concernait les trois départements et l'ensemble des éléments des systèmes de production laitière des hautes vallées alpines. Un programme général et cohérent, pluridisciplinaire en association étroite avec les acteurs locaux a pu ainsi être construit et financé.

Claude Béranger,
Chargé de mission à l'INRA

Tous nos remerciements à Claude Béranger pour avoir relu tout le dossier avec grande attention.

Les Alpes du Nord : pratiques d'élevage, production laitière et caractéristiques des fromages

L'EFFET "TERROIR"





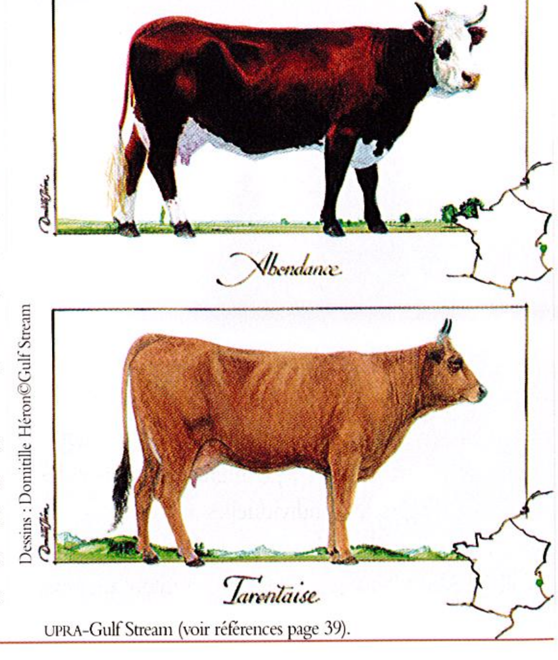
Noces de Cana, vue d'ensemble de la peinture. Sur la gauche, le passe-plat où l'on voit le Vacherin d'Abondance. Au rez-de-chaussée de la demeure de style italien (tuiles rouges, loggia...), les saucisses et la viande sèchent dans le fumoir, les invités mangent de la viande et des pains. À droite les serviteurs servent le vin dans les carafes, Jésus ayant transformé l'eau (que l'on voit dans les verres) en vin. Abbaye d'Abondance, Abondance.

Avec tous nos remerciements pour les guides du cloître de l'Abbaye Notre Dame d'Abondance et à Nicole Prunier de nous avoir fait découvrir ce lieu.

Dans les zones de montagne, et en particulier dans les Alpes du Nord, la production laitière représente un enjeu économique très important pour l'agriculture. La plus grande partie du lait produit est transformée en fromages, dont la majorité sont des AOP (Appellations d'origine protégée) et des IGP (Indication géographique de provenance). Cette filière de production présente des particularités importantes tant du point de vue des animaux et des aliments utilisés, que des systèmes d'exploitation concernés, de son organisation et de ses relations avec les autres partenaires économiques. Pour répondre aux questions spécifiques posées par cette filière, un programme de Recherche-Développement a été mis en place en 1985 dans les Alpes du Nord, associant, au sein d'un GIS [1] des organismes de recherche, des professionnels et le développement agricole. Dans un premier temps, l'objectif de ce programme a été de décrire les différents maillons de la chaîne allant du fourrage au fromage. Les travaux concernant le fromage, essentiellement centrés sur la résolution de problèmes technologiques, étaient alors conduits de manière séparée de ceux concernant les conditions de production du lait. À partir de 1990, ce programme a progressivement évolué vers la caractérisation et l'étude des facteurs de variation de la qualité des fromages tout d'abord dans sa dimension sensorielle, et plus récemment dans ses dimensions hygiénique, nutritionnelle et culturelle. On trouvera ici le bilan depuis 1985 de ces différents travaux. Un éclairage tout particulier a été donné à ceux qui permettent de préciser la notion de terroir (cf encart).

L'animal et son alimentation

Une des particularités des systèmes de production des Alpes du Nord est d'utiliser des animaux de races particulières : pour la fabrication du Beaufort, seules les vaches des races Tarentaise et Abondance sont autorisées ; pour la fabrication du Reblochon



UPRA-Gulf Stream (voir références page 39).

[1] Ce GIS, qui fait suite à l'action de l'INRA en faveur du fromage de Beaufort qui avait débuté en 1965, (cf. les textes de Gérard Grosclaude, Maxime Viallet...) regroupe, depuis 1985, l'INRA, le CEMAGREF, l'Institut technique du Gruyère, les Chambres d'Agriculture de la Haute-Savoie, de la Savoie, de l'Isère, de la Chambre régionale de Rhône-Alpes, l'AFTALP (Association des fromages traditionnels des Alpes savoyardes) et le SUACI Montagne-Alpes du Nord (Service d'utilité agricole à compétence inter-départementale). Depuis 2001, l'université de Savoie et les Conseils généraux de Haute-Savoie, Savoie et Isère ont rejoint le GIS Alpes du Nord. Le SUACI assure le secrétariat et la coordination du GIS.

Ce texte de synthèse a été élaboré par Jean-Baptiste Coulon, pour l'essentiel, à partir des publications suivantes : Grappin et Coulon, 1996 [6], Coulon *et al* (1997) [50], Dorioz *et al* (2000) [51], Coulon et Priolo (2002) [48].

et de l'Abondance, les vaches des races Tarentaise, Abondance et Montbéliarde. Leur alimentation hivernale est à base de foin de prairie naturelle dont les caractéristiques avaient jusqu'alors été peu étudiées. L'été, une proportion importante des troupeaux utilisent l'alpage.

- Caractérisation des aptitudes des animaux

Les spécificités des vaches Tarentaise, par rapport aux Holstein et aux Montbéliarde, ont été étudiées dans un domaine expérimental de montagne (à Marcenat, dans le Cantal) [1,2,3]. Ces travaux ont montré que, en situation de restriction alimentaire, les vaches Tarentaise primipares privilégient la poursuite de leur croissance et le maintien d'un bon état corporel aux dépens de la production de lait, contrairement aux vaches primipares Holstein. Au cours des lactations ultérieures, les vaches de ces deux types génétiques réagissent de la même manière à la sous-alimentation énergétique, en diminuant sensiblement leur production. Ce résultat est cohérent avec la moindre précocité des vaches Tarentaise : pubères plus tardivement, elle poursuivent leur croissance plus longtemps que les animaux Holstein ou Montbéliard. Leurs performances de reproduction ont toujours été meilleures que celles des vaches Holstein et Montbéliarde, quelles que soient les conditions d'alimentation. Par ailleurs, les vaches Tarentaise ont présenté une moins bonne aptitude à la traite, surtout chez les primipares. Leur aptitude à la marche a été meilleure : leur conduite est plus facile, elles se déplacent plus rapidement et les conséquences d'un effort prolongé sur la production laitière sont moins importantes. Dans les mêmes conditions de conduite, les vaches Tarentaise et Montbéliarde ont présenté moins de troubles sanitaires (mammites et boiteries) que les vaches Holstein, vraisemblablement en partie du fait de leur moindre niveau de production. Enfin, la capacité d'ingestion et l'évolution de la production des vaches Tarentaise en début de lactation peuvent être prédites avec les mêmes modèles que ceux développés pour des vaches Holstein et Montbéliarde. Ces deux derniers résultats ont aussi été observés, dans une expérimentation réalisée dans une ferme privée des Alpes, sur des vaches Abondance.

- Caractérisation des rations utilisées

Une étude de l'ingestibilité de certains foins spécifiques des Alpes du Nord a été réalisée (prairies à ombellifères et dactyles en touffes et prairie à géraniums et graminées en tapis régulier), à partir des données d'ingestion individuelles recueillies deux années consécutives dans un essai d'alimentation réalisé à Abondance [4]. Ces foins présentent une très

Dans les conditions actuelles du marché et de la réglementation relative aux signes de qualité des produits alimentaires, on fait de plus en plus appel à la notion de terroir pour affirmer la typicité d'un produit.
Le terme "terroir" est cependant utilisé avec des sens différents suivant les auteurs. Terroir désigne en effet "une étendue limitée de terre considérée du point de vue de ses aptitudes agricoles" (Petit Robert), et "une région rurale considérée comme la cause de caractères particuliers à ceux qui y vivent ou qui en sont originaires". Le premier aspect relève essentiellement de la connaissance physique du terrain, le second correspond à l'expression de l'action organisatrice de l'homme. Au total, il s'agit donc d'un ensemble regroupant les facteurs naturels, les facteurs humains et leurs interactions. Dans le cas du lait et des fromages il faut donc considérer le terroir comme un ensemble indissociable de trois éléments : **le milieu physique** comprenant la géologie (nature des roches), la géographie (altitude, déclinaison...), les sols et le climat, **l'animal** avec la ou les races dominantes et ses caractéristiques génétiques, et **l'homme** qui peut intervenir sur les deux premiers éléments par les pratiques culturales, les conditions d'élevage et son organisation sociale mais qui joue surtout un rôle essentiel sur la transformation fromagère. L'homme intervient aussi à un autre niveau, non biologique, qui concerne les aspects historiques et socio-économiques qui peuvent jouer un rôle direct ou indirect sur la qualité des produits y compris sur la qualité d'image.
Les trois éléments du terroir (milieu physique, animal, homme) qui définissent les conditions de production du lait et donc ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques, ainsi que les pratiques technologiques appliquées à cette matière première, vont conduire à un produit spécifique.
Il est important de différencier la notion de terroir de celle de facteur de production. Ces derniers, qui peuvent avoir des effets importants sur les caractéristiques du lait ou du fromage, entrent souvent dans le cahier des charges des Appellations d'origine protégée européennes (AOP) et ne sont pas forcément liés au terroir. Par exemple, en matière d'alimentation des animaux, la technique de conservation des fourrages par ensilage, qui est un sujet de débat important pour les AOP fromagères, est transposable dans différentes situations géographiques et ne relève pas du terroir, contrairement, par exemple, à la composition floristique des fourrages utilisés par les animaux lorsqu'elle est spécifique d'un milieu donné. De même, en matière de génétique, la nature des variants de la caséine, comme par exemple ceux de la caséine alphaS1 caprine dont on connaît les effets sur les caractéristiques sensorielles des fromages relève plus du facteur de production que du terroir, contrairement à l 'effet du variant de la caséine ß de la Tarentaise qui est une race intimement liée aux conditions de production du Beaufort. Ces 2 exemples montrent que les facteurs constitutifs du terroir ne sont pas toujours facilement identifiables.
On peut cependant admettre que des pratiques culturales ou des types d'animaux rencontrés exclusivement ou majoritairement dans une zone géographique donnée font partie du terroir, contrairement à ceux qui, tout en étant des contraintes parfois importantes au système de production, peuvent être appliquées dans des situations géographiques très variables. En définitive on pourrait proposer pour la production fromagère la définition suivante du terroir "aire géographique caractérisée par des conditions de milieu (sol, climat...) et des types d'animaux qui, exploités par l'homme, conduisent à des produits spécifiques".

D'après Grappin et Coulon [6] et Salette *et al* [49])

Rémy Grappin est décédé le 18 octobre 2000. Il avait été de 1984 à 1999 délégué régional de l'INRA en Franche-Comté et directeur de la station de recherche en Technologie et Analyse laitières de Poligny. Ses compétences particulières dans les domaines des méthodes d'analyse de la qualité du lait et des technologies fromagères en AOC ont trouvé un terrain d'application de choix dans les travaux menés sur les fromages à pâte cuite.

bonne ingestibilité, au moins lorsqu'ils sont offerts à volonté et que les vaches ont donc la possibilité de trier. À même valeur énergétique, cette ingestibilité est égale ou supérieure à celle des foins de plaine ou de demi-montagne. L'ensemble des travaux réalisés sur les foins des Alpes du Nord a conduit à ce qu'ils soient introduits comme aliments spécifiques dans les tables INRA.

- Conduite en alpage et alimentation : herbe seule et compléments

Une expérimentation a été conduite deux étés consécutifs sur un alpage (altitude de 1650 à 2200 m) du col de la Madeleine pour évaluer les productions laitières permises par le pâturage de différentes pelouses d'alpage et l'effet d'une complémentation plus ou moins importante en aliment concentré sur les performances des vaches [5]. Sur cet alpage, les productions permises par l'herbe seule ont pu être estimées à 16 à 19 kg/j en début d'alpage (juin-juillet), 12 à 15 kg/j en milieu d'alpage (août) et 9 à 11 kg/j en fin d'alpage (septembre-octobre).


Photo : André Arnet

Fuite en Egypte (détail), un personnage portant une planche en bois. Sur cette planche, vraisemblablement, des fromages (petites taches blanches), peut-être des Vacherin d'Abondance (en référence à des scènes de vie quotidienne au Moyen Age en Savoie, quand les fabricants de fromage transportaient leurs produits vers les marchés ou les ports les plus proches afin de les vendre). Abbaye Notre Dame d'Abondance, Abondance.

Ces travaux ont montré l'intérêt d'une complémentation à l'alpage si l'on tient compte de ses effets sur l'ensemble des performances : un apport supplémentaire de 1,5 kg/j de concentré a entraîné une augmentation moyenne de 1,1 kg/j de la production laitière, de 0,8 g/kg du taux protéique et une meilleure reconstitution des réserves corporelles. Ces effets favorables ont été plus marqués chez les vaches présentant, en début d'alpage, les niveaux de production de lait les plus élevés, en raison d'un stade de lactation moins avancé.

Conditions de production, caractéristiques du lait et qualité sensorielle du fromage

La qualité sensorielle des fromages dépend d'un grand nombre de facteurs, liés à la fois à la technologie de fabrication et aux caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première mise en œuvre. Ces dernières dépendent elles-mêmes de nombreux facteurs d'amont (d'origine génétique, physiologique, alimentaire...). Ces facteurs d'amont sont de plus en plus au centre des préoccupations des consommateurs qui s'interrogent en particulier sur l'alimentation offerte aux animaux. Ils revêtent une importance toute particulière dans le cas des produits AOP, IGP... pour lesquels les modifications de la matière première au moment de sa transformation sont limitées voire interdites et qui revendiquent un lien fort avec les conditions de production du lait, dont certaines sont à la base de la notion de terroir [6]. Dans le domaine des productions fromagères, les relations entre ces conditions de production (alimentation et type d'animal en particulier) et les caractéristiques des fromages sont souvent mises en avant par les fromagers, sur la base d'observations empiriques. Jusqu'à récemment il n'existait cependant que peu de travaux expérimentaux sur le sujet, en raison, entre autres, de la difficulté de séparer correctement les effets propres de ces facteurs d'amont de ceux qui sont liés à la transformation fromagère proprement dite. Depuis quelques années, plusieurs études spécifiques ont été mises en œuvre pour préciser ces liaisons. Elles ont été permises par le développement des méthodes d'analyses des caractéristiques sensorielles des fromages [2] et par la maîtrise ou le contrôle des paramètres technologiques de fabrication fromagère. Les travaux réalisés dans le cadre du GIS Alpes du Nord ont d'abord concerné la composition chimique et la numération cellulaire du lait, ensuite l'aptitude à la coagulation du lait, première étape de sa transformation en fromage et enfin ses caractéristiques sensorielles.

- Composition chimique du lait

Les observations réalisées, aussi bien dans un cadre expérimental [7,8] qu'à partir d'enquêtes en exploitations [9,10] ont permis de confirmer le rôle prépondérant des apports énergétiques sur les variations du taux protéique du lait. Ce facteur explique l'essentiel des variations, parfois considérables, du taux protéique du lait à la mise à l'herbe, ainsi que celles observées au cours de l'hiver lors de changements de lots de foin.

- Numération cellulaire du lait

Les travaux sur l'évolution de la numération cellulaire du lait au cours de l'année ont mis en évidence une augmentation sensible l'été, en particulier chez les vaches conduites en alpage, mais uniquement chez celles présentant, avant la montée en alpage, des mamelles infectées par un agent pathogène [11,12]. Si, chez ces animaux, la marche peut être un facteur favorisant l'augmentation de la numération cellulaire [13], il est cependant vraisemblable qu'en alpage, les facteurs principaux de variation de la numération cellulaire restent l'hygiène de la traite et la contamination des animaux lors du regroupement des troupeaux.

- Pratiques d'élevage et qualité bactériologique du lait

(Voir aussi plus loin l'article de Micheline Guéguen)

Depuis plusieurs années, en France et en Europe, dans un souci de réduire les risques sanitaires, de nombreux dispositifs ont été mis en place au niveau de la production laitière afin de diminuer la contamination microbienne des laits. L'objectif de ces mesures était de diminuer le nombre de germes d'altération et de pathogènes en prenant comme indicateur la microflore totale du lait. D'après les fromagers, cette diminution très importante de la microflore totale, qui concerne également la microflore utile, pourrait pénaliser la fabrication des fromages au lait cru et modifier leur qualité sensorielle. Une étude réalisée sur 158 laits prélevés à différentes saisons chez 27 producteurs de Savoie et de Haute-Savoie a montré que si la très grande majorité des laits présentaient maintenant des teneurs en microflore totale faible ou très faible (95% des échantillons étaient inférieurs à 50 000 germes/ml et 46% inférieurs à 5 000 germes/ml), il subsistait une forte diversité de composition de cette flore microbienne d'un producteur à l'autre et d'une saison à l'autre : on peut ainsi définir différentes classes de lait caractérisées à la fois par leur niveau de microflore totale et par la proportion relative des microflores utiles, d'altération ou pathogènes. Ces laits diffèrent par leur capacité à s'acidifier et à cailler. La composition microbiolo-

[2] La qualité sensorielle recouvre une appréciation de la présentation, de la texture, du goût et de l'odeur du fromage. La composition chimique d'un fromage peut être analysée par des méthodes instrumentales. La texture et la couleur peuvent également s'apprécier par des méthodes instrumentales (rhéologie, spectrophotométrie) mais aussi par l'approche sensorielle (descripteurs sur une grille de notation). La flaveur (goût et odeur) s'apprécie essentiellement par des méthodes sensorielles. Le choix des tests rhéologiques et des descripteurs sensoriels est spécifique à chaque famille de fromages. Ce travail de mise en place d'outils de description de la qualité des fromages est préalable à des travaux ultérieurs d'amélioration de la qualité des fromages.

[3] Au cours de la traite, puis de la collecte, ainsi que dans l'environnement de la fromagerie, une flore microbienne variée est en mesure de contaminer le lait cru. Ces populations microbiennes vont trouver dans ce milieu de bonnes conditions nécessaires à leur développement. Si elles résistent aux conditions de fabrication liées à la technologie, elles vont pouvoir, sous certaines conditions, se développer dans les fromages. Cette microflore du lait joue un rôle prépondérant dans le processus biochimique d'affinage des fromages au lait cru et par voie de conséquence sur les caractéristiques sensorielles du fromage.

[4] Pour une protéine donnée, on observe souvent de légères variations de la séquence d'acides aminés (sous l'effet d'une mutation génétique conduisant à une substitution ou une perte d'un ou plusieurs acides aminés). On parle alors de variants génétiques de la protéine. Ces petites modifications ont des conséquences sur les propriétés physico-chimiques et/ou la structure secondaire et tertiaire de la protéine. Il existe actuellement un grand nombre de variants identifiés (2 à 5 par protéine). Leur fréquence varie fortement d'une race à l'autre.

gique de ces laits a été stable chez un même producteur pour une saison donnée et a pu être associée à des combinaisons de pratiques d'hygiène de la traite et de lavage de l'installation de traite mise en œuvre au sein des exploitations [14].
Ces résultats sont complémentaires de ceux obtenus en Franche-Comté [15,16] et qui ont montré qu'il existait une microflore native du lait [3] spécifique à chaque zone de production (fromagerie) et que cette microflore entraînait des variations significatives de la qualité sensorielle des fromages.

- Aptitude à la coagulation du lait

Les travaux réalisés sur des laits individuels en domaine expérimental [8] ont montré que l'aptitude à la coagulation du lait (temps de raffermissement et fermeté du gel) mesurée sur des laits de vaches Holstein était inférieure à celle du lait des vaches Montbéliarde et Tarentaise. L'écart disparaît pratiquement lorsque l'on tient compte de la teneur du lait en caséine et de la répartition des différents variants [4] de la caséine kappa : comme cela est habituellement observé, les laits présentant le variant B de la caséine kappa ont en effet présenté une aptitude à la coagulation supérieure à ceux présentant le variant A. Ces travaux ont aussi mis en évidence les caractéristiques rhéologiques particulières des laits présentant le variant C de la caséine kappa (présent uniquement chez les vaches Tarentaise) : ces laits coagulent lentement mais ont une fermeté du gel comparable à celle des laits présentant les variants A ou B. Ces résultats ont été confirmés sur des laits de troupeaux dans une étude en exploitation réalisée chez des producteurs de Reblochon fermier [17]. Chez des vaches indemnes de mammites cliniques, la fermeté du gel dépend ainsi en majeure partie des principaux facteurs de variation du taux protéique à l'échelle du troupeau (stade de lactation moyen du troupeau et pratiques alimentaires influençant le niveau des apports énergétiques), et de la fréquence du variant B de la caséine kappa dans les laits de mélange.

Caractéristiques des fromages affinés

- Facteurs de variation de la qualité sensorielle du Reblochon fermier : approche synthétique

Une étude réalisée durant 18 mois chez 6 producteurs de Reblochon fermier de la vallée de Thônes [18] a permis de mettre en évidence une très grande diversité dans les caractéristiques des fromages affinés (n=200). Cette diversité a été liée en premier lieu à des facteurs technologiques (températures et temps de travail au cours des différentes phases de la fabrication) qui ont conduit à une acidification plus ou moins rapide des fromages. Dans le cas des technologies conduisant aux acidifications les plus rapides ou au contraire les plus lentes, les caractéristiques sensorielles des fromages ont peu varié selon les laits mis en œuvre, et ont témoigné d'un excès ou au contraire d'un manque d'égouttage. C'est lorsque la vitesse d'acidification était moyenne que l'on a observé la plus grande diversité sensorielle des fromages. À technologie de fabrication comparable, cette diversité a pu être associée d'une part à des caractéristiques du lait (teneur en urée) d'autre part à des caractéristiques de la conduite alimentaire (nature du foin, nature des pelouses d'alpage), et enfin à la saison et au stade physiologique des animaux. Ces différents aspects ont fait l'objet de travaux spécifiques.

- Effet du stade de lactation des animaux

L'effet du stade de lactation sur les caractéristiques du fromage affiné a été étudié, en conditions expérimentales, au domaine INRA de Marcenat [19]. Le stade moyen de lactation des animaux a varié, selon les périodes, de 26 à 298 jours. Le lait de chaque lot a été transformé en fromage de type Saint-Nectaire dans des conditions technologiques de fabrication contrôlées et identiques d'une fabrication à l'autre. Le stade de lactation a eu un effet important sur les teneurs en matières grasses, en protéines et en calcium du lait, mais pas sur le rapport caséines/protéines ni sur la teneur en phosphore. Le pH du lait a été supérieur en fin de lactation. Les laits de fin de lactation ont donné des gels avec des caractéristiques rhéologiques particulières : malgré des taux protéiques plus élevés, leur fermeté maximale n'a pas été très différente de celle des laits de début ou de milieu de lactation. Les fromages réalisés avec des laits de début de lactation ont été plus jaunes que les autres et ont présenté un rapport gras/sec inférieur. Les fromages réalisés avec des laits de fin de lactation ont été plus collants, plus fondants, moins fermes et moins granuleux que ceux de début ou de milieu de lactation. Leur goût a été plus intense, plus persistant, plus acide et plus amer. Globalement, ils ont été moins appréciés que les autres. Ces écarts sont probablement liés à une protéolyse plus intense chez les fromages de fin de lactation. Si ces écarts sont importants, ils ne sont cependant sensibles qu'en toute fin de lactation. En pratique, ce facteur n'aura donc de conséquences que lorsque les vêlages sont très groupés.

- Les particularités des protéines du lait des Tarentaise

Les travaux réalisés dans le cadre du GIS Alpes du Nord ont permis de mettre en évidence que les particularités des protéines du lait des vaches Tarentaise conféraient au fromage des caractéristiques spéci-



Photos : Gérard Grosclaude - De haut en bas : vaches Abondance, Reblochon : décaillage, moulage, soins en cave, emballage.

fiques. Les vaches Tarentaise présentent en effet une fréquence élevée (17%) du variant C de la caséine ß [20], variant quasiment absent des autres races laitières françaises. Des microfabrications de fromages de type pâte pressée cuite réalisées avec des laits présentant le variant A ou C pour la caséine ß ont montré que les laits de type C avaient une composition chimique et une aptitude à la coagulation particulières (cf ci-avant) qui se traduisaient lors de la fabrication par des pertes importantes de protéines et de matières grasses dans le sérum et, par suite, des rendements fromagers moindres. Les fromages réalisés avec les laits de type C sont moins gras, leur pâte est moins souple et plus sableuse et leur goût est plus fréquemment jugé piquant. Une analyse des fractions protéiques libérées au cours de l'affinage montre que les produits de dégradation de la caséine par la plasmine (principale enzyme protéolytique active au cours de l'affinage des fromages à pâte pressée cuite) sont différents en raison de la structure primaire particulière de la caséine ß-C [21,22]. Ces résultats ont été validés par un essai sur des fromages de Beaufort fabriqués avec des laits contenant une proportion importante (80%) ou faible (15%) du variant C de la caséine ß. Les premiers ont été plus salés et ont eu un arôme et une odeur plus intenses.

- Effet du niveau d'alimentation azotée et de la teneur en urée du lait

L'effet sur les caractéristiques sensorielles des fromages d'une suralimentation azotée et de la teneur du lait en urée a été étudié dans une exploitation privée de Haute-Savoie [23]. Deux lots de 14 vaches ont reçu successivement deux régimes à base de foin avec un niveau d'alimentation azotée soit conforme aux recommandations (régime témoin) soit élevé, en substituant dans la ration 2,5 kg de tourteau de soja à 2,5 kg de céréales (régime avec soja). Des fabrications de Reblochon ont été réalisées dans des conditions contrôlées et identiques à partir du lait "témoin", du lait "soja" et du lait témoin dans lequel 0,25 g/l d'urée a été rajouté. La suralimentation azotée a provoqué une augmentation de la teneur en urée du lait de 0,25 g/l (0,49 g/l comparativement à 0,24 g/l). Les fromages obtenus à partir de ce lait ont été moins secs, leur texture a été jugée moins ferme, plus crémeuse et leur goût moins acide et moins amer. Les fromages réalisés avec le lait artificiellement enrichi en urée se rapprochent des fromages témoins en ce qui concerne leur goût et des fromages obtenus avec la suralimentation azotée en ce qui concerne leur texture. Ainsi, un excès d'urée dans le lait, qu'il soit d'origine physiologique ou exogène se traduit par un égouttage plus difficile des fromages, dû en partie à une acidification plus lente constatée au cours des premières heures suivant le moulage. Ce retard d'acidification pourrait être dû d'une part à l'aptitude de certaines bactéries lactiques à transformer l'urée en NH_3 et d'autre part à la modification des équilibres bactériens liée à la présence d'urée [24].

- Effet de la nature du pâturage

À la suite de travaux sur le Reblochon de Savoie fermier [18] et de la mise en évidence, en zone Comté [25] d'associations entre les typologies floristiques des pâturages et les caractéristiques sensorielles des fromages, plusieurs études ont été entreprises [5] pour analyser l'effet spécifique de la nature des fourrages, et en particulier de sa diversité botanique.

Un premier essai [16], réalisé chez un producteur d'Abondance fermier, a consisté à comparer les caractéristiques de fromages fabriqués lorsque son troupeau a pâturé successivement les 2 versants d'un même alpage (dont la composition botanique était très différente), puis est revenu sur une zone du premier versant mise en défens lors du premier passage. Les 2 séries de fromages réalisés lorsque les animaux pâturaient le versant sud de l'alpage s'opposent à celles des fromages du versant nord. Les différences les plus importantes concernent la texture : les fromages du versant nord ont été moins fermes, plus fondants et plus pâteux. Sur le plan des arômes et des saveurs, les fromages du versant nord ont été globalement plus "corsés" (plus salés et amers, avec des arômes aigre, d'étable et de sueur) et ceux du versant sud plus "doux", avec des arômes de fruits plus développés.

Un deuxième essai [26] a été réalisé en alpage chez un producteur de Beaufort, selon le même principe que le premier avec le fromage d'Abondance. Il a permis de montrer des différences concernant essentiellement la flaveur : les Beaufort des pelouses "alpines" (>2 200m) ont été plus salés, plus piquants et plus acides que ceux des pelouses "moyennes". Ils ont présenté des arômes plus intenses et plus épicés.

Enfin, dans un essai récent [27], réalisé chez 3 producteurs fermiers d'Abondance, il a été clairement montré qu'à côté de différences d'un producteur à l'autre, il existait des écarts importants pour un même producteur selon les caractéristiques des prairies pâturées. Si les écarts les plus importants opposent les prairies de plaine à celles de montagne, il subsiste aussi une variabilité importante au sein des pelouses d'alpage. Les différences les plus importantes ont concerné la texture des fromages, plus cohésive, élastique et déformable en plaine qu'en montagne, et plus sableuse sur les pelouses nitrophi-

5 Dans toutes ces études, les facteurs de variation liés aux caractéristiques et à la conduite des animaux étaient contrôlés, la technologie fromagère était semblable entre les traitements et les fromages étaient affinés dans un même lieu permettant une maîtrise et un contrôle optimal des différents paramètres de fabrication.

le et nivale que sur les pelouses humides. Les fromages de montagne ont été jugés plus "fruité", "animal" et moins "piquant" et "propionique" que les fromages de vallée.

Ces résultats confirment et précisent ceux obtenus en France sur d'autres modèles fromagers (Saint-Nectaire ou Comté) [28,29] et en Suisse [30] sur des fromages de type Gruyère produits à partir de laits de plaine ou de montagne. Dans cet essai, les fromages de montagne ont présenté une flaveur plus intense que ceux de plaine.

Ces expérimentations montrent que **dans des conditions contrôlées de conduite des animaux et de fabrication fromagère, la nature du fourrage peut avoir un effet significatif sur certaines caractéristiques sensorielles des fromages.** Cet effet a été plus marqué avec les fromages alpins, soit parce que leur technologie est plus favorable à l'expression de l'effet de la nature des fourrages, soit parce que les caractéristiques des fourrages étudiés sont différentes. Il semble que ces effets de la nature des fourrages puissent avoir des origines diverses :

• une origine directe, via des composés ayant des propriétés sensorielles et présents initialement dans les fourrages. C'est le cas des carotènes, présents en grandes quantités dans les fourrages verts et qui contribuent à la coloration jaune des produits laitiers. Très sensible aux ultra-violets, le carotène est détruit lors du séchage et de la conservation des fourrages de manière d'autant plus forte que l'exposition à la lumière est importante. Sa teneur varie aussi selon les espèces botaniques et le stade végétatif. C'est aussi le cas de certaines molécules spécifiques du monde végétal et ayant des propriétés odorantes reconnues à l'état concentré (terpènes et sesquiterpènes). Elles sont beaucoup plus abondantes dans certaines espèces, et en particulier les dicotylédones [31,32], passent très rapidement dans le lait [33] et se retrouvent dans le fromage, en quantités beaucoup plus importantes lorsque les animaux consomment des fourrages riches en ces espèces [27,34,35]. Cependant, si ces molécules peuvent constituer des outils efficaces de marquage de l'origine des fromages [30,32], il ne semble pas que la modification de leur teneur dans les fromages soit suffisante pour s'accompagner d'effet direct important sur la flaveur des fromages [27,28].

• L'effet de la nature de l'alimentation sur les caractéristiques sensorielles des fromages peut aussi être indirect. Ainsi, les différences de texture observées entre fromage de vallée et de montagne ou entre versant nord et sud d'un même alpage sont à relier, entre autres, à des teneurs en plasmine dans le lait très variable d'une situation à l'autre. L'augmentation de cette enzyme protéolytique dans le lait dans certaines situations alimentaires pourrait être due à une augmentation de la perméabilité cellulaire du tissu mammaire sous l'effet de l'ingestion de certaines espèces particulières (Renoncules), présentes uniquement dans certains types de prairies. La composition de la matière grasse du lait (longueur de la chaîne carbonée et degré d'insaturation) qui dépend très fortement de l'alimentation des animaux [36] peut aussi être à l'origine des différences de texture et/ou de flaveur des fromages [16,27,37]. Par ailleurs, certains acides gras peuvent être dégradés par les enzymes microbiennes lors de l'affinage du fromage pour donner des composés responsables d'arômes. Enfin, on ne peut pas exclure que la nature des fourrages modifie l'écosystème microbien du lait ou son activité, comme le suggèrent certains résultats [16,27] qui montrent que la production de composés soufrés par les micro-organismes durant l'affinage peut être inhibée par la présence de terpènes dans le lait, composés dont on a vu l'origine végétale.

Dès la traite, le lait encore chaud (cru) est versé dans un chaudron de cuivre.

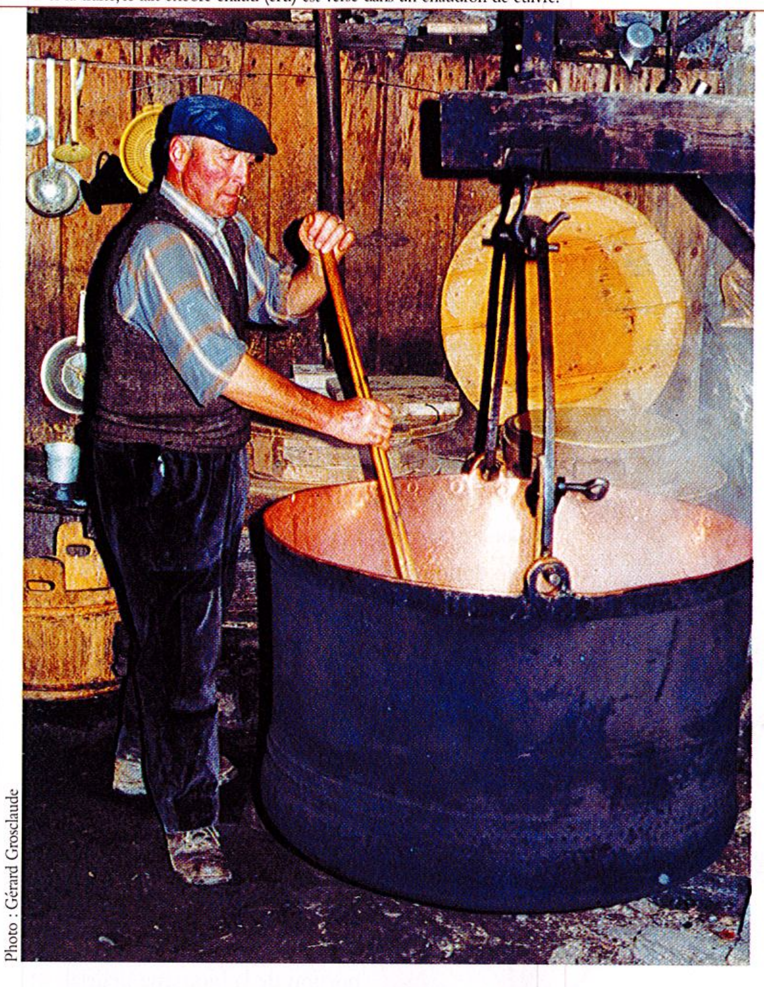


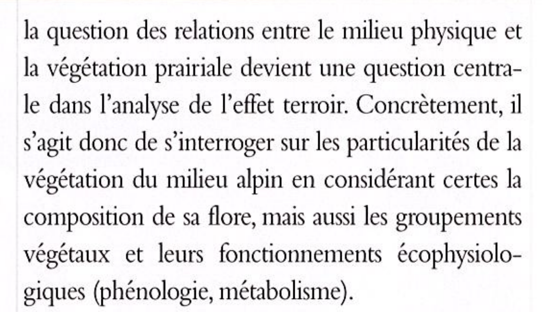
Photo : Gérard Grosclaude

"Alors, commençaient les puanteurs : les monts d'or, jaune clair, puant une odeur douceâtre : les troyes, très épais, meurtris sur les bords, d'âpreté déjà plus forte, ajoutant une fétidité de cave humide ; les camemberts, d'un fumet de gibier trop faisandé ; les neufchâtel, les limbourg, les marolles, les petits pont-l'évêque, carrés, mettant chacun leur note aiguë et particulière dans cette phrase rude jusqu'à la nausée ; les livarots, teintés de rouge, terribles à la gorge comme une vapeur de souffre".
Émile Zola Le ventre de Paris, 1873.

Sols et milieu physique, facteurs de différenciation des terroirs "prairiaux"

Puisqu'un ensemble de données convergentes suggère que la variabilité de la composition des prairies modifie les caractéristiques sensorielles du fromage,

Voir aussi comment se forme l'arôme du fromage dans l'article sur le Comté.



la question des relations entre le milieu physique et la végétation prairiale devient une question centrale dans l'analyse de l'effet terroir. Concrètement, il s'agit donc de s'interroger sur les particularités de la végétation du milieu alpin en considérant certes la composition de sa flore, mais aussi les groupements végétaux et leurs fonctionnements écophysiologiques (phénologie, métabolisme).

Le milieu alpin se distingue avant tout par des conditions climatiques sélectives, en particulier thermiques, et par la diversité de ses biotopes. Les flores et les végétations alpines sont, de ce fait, originales et diversifiées. L'originalité de la flore prairiale se traduit par une forte proportion dès 800-900 m, puis une dominance, au-delà de 1 500 m, d'espèces particulières, peu représentées dans les plaines voisines et appartenant en grande majorité aux dicotylédones : *Leontodon hispidus*, *Geranium sylvaticum*, *Polygonum bistorta*, *Chaerophyllum hirsutum*… De nombreux genres, parfois des familles botaniques entières, ne sont représentés qu'en altitude (Gentianacées, par exemple). Ces espèces constituent souvent une forte proportion de la biomasse prairiale et semblent avoir des conséquences importantes sur la teneur en métabolites secondaires de l'herbe [31].

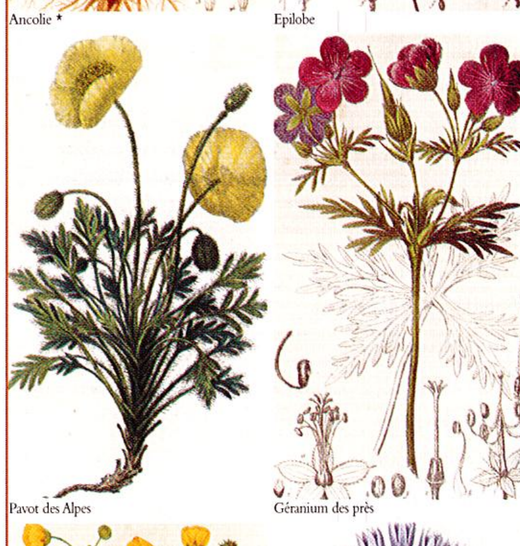
L'originalité taxinomique de la végétation alpine est liée à la combinaison de facteurs historiques et biogéographiques (origines et migrations des espèces) et à la sélectivité du milieu physique [38,39]. Elle se retrouve dans toutes les zones d'herbages mais est nettement plus marquée dans les pâturages subalpins ("alpages") et, en général, dans tous les secteurs ou parcelles peu intensifiés. Les prairies les plus intensifiées, à forte productivité, au-dessus de 800 à 1 000 m et jusque vers 1 500 à 1 700 m, comprennent de nombreuses espèces, en particulier des graminées (Poacées), ubiquistes et banales. Elles se distinguent pourtant des prairies des plaines voisines : par l'absence de certaines graminées dominantes en plaine en conditions intensives telle que *Lolium perenne* (effet de l'altitude) et par l'exubérance corrélative de certaines dicotylédones spécifiques, *Geranium silvaticum*, *Chaerophyllum hirsutum*… En outre, les conditions de milieu en montagne modifient l'état morphologique de nombreuses espèces ubiquistes [40]. Les graminées, par exemple, présentent en altitude des changements physionomiques et morphologiques importants (rapport tige/feuille ; dynamique de l'épiaison et de la sénescence). Toutes ces différences influent nettement sur la qualité des fourrages (valeur alimentaire, aptitude à la récolte) et la dynamique des végétations [41,42].

Le milieu alpin présente une autre caractéristique-clé : la diversité des espèces et des groupements végétaux [43]. En prairies, ceci s'exprime par des gra-

Histoire des plantes de l'Europe par J.L.M. Poiret. Paris. Éd. Ladrange et Verdière, 1829. Les illustrations notées d'une * : La flore médicale, décrite par F.P. Chaumeton, Chamberet et Poiret, peintes par E.P. Panckoucke et par P.J.F. Turpin. Paris. Éd. C.L.F. Panckoucke, 1817.



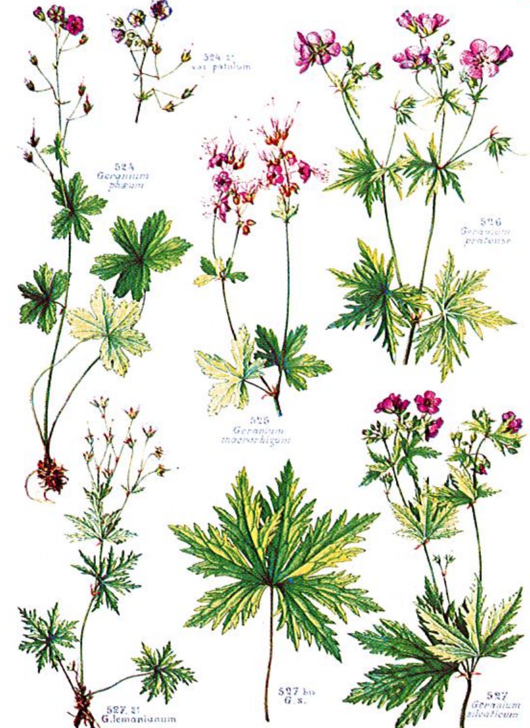
Ancolie * — Epilobe



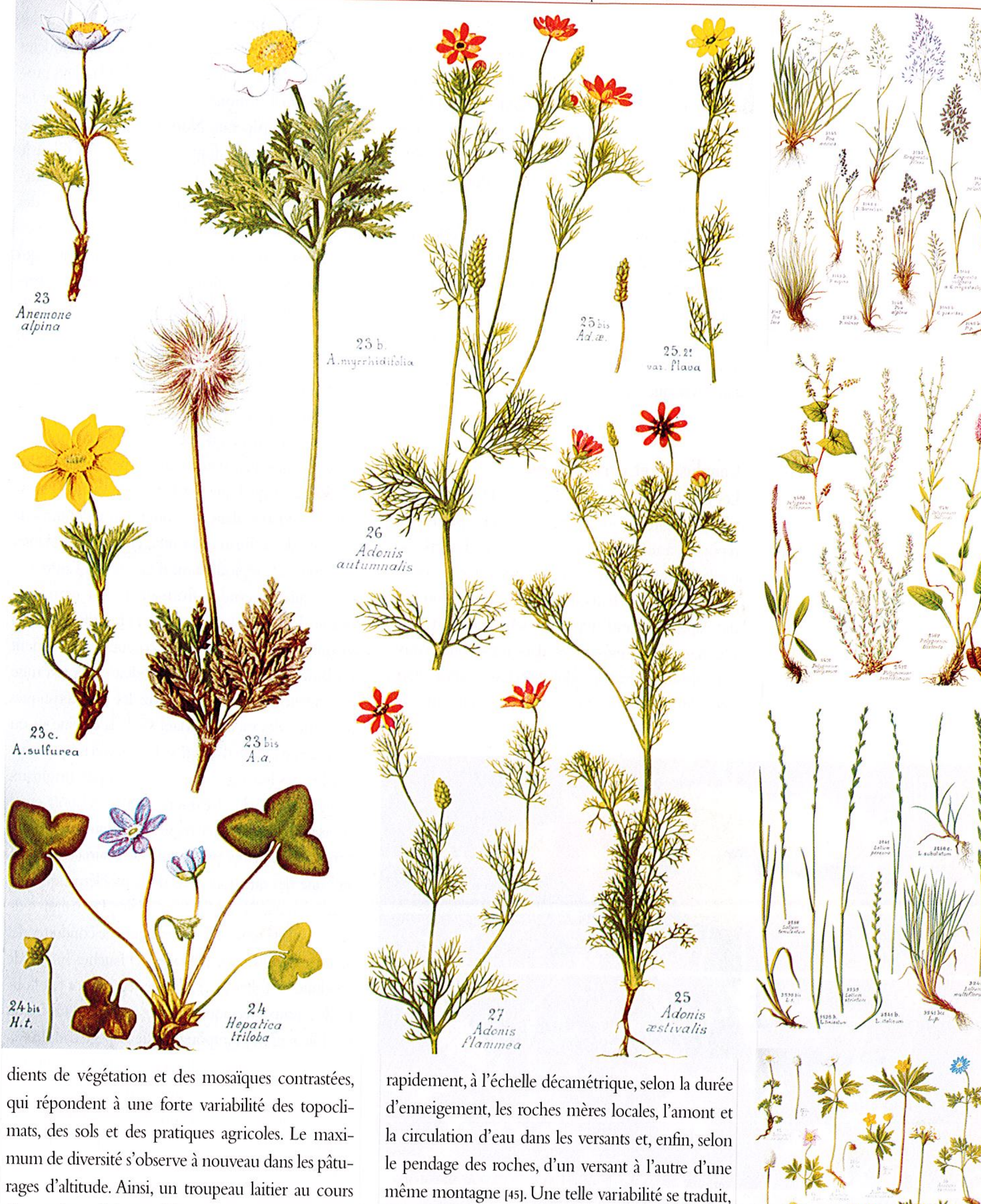
Pavot des Alpes — Géranium des prés



Renoncule * — Gentiane amarelle







dients de végétation et des mosaïques contrastées, qui répondent à une forte variabilité des topoclimats, des sols et des pratiques agricoles. Le maximum de diversité s'observe à nouveau dans les pâturages d'altitude. Ainsi, un troupeau laitier au cours de sa saison d'alpage s'alimente couramment dans plus d'une dizaine d'associations végétales comprenant au total plus de 250 à 300 espèces de végétaux supérieurs (contre, au mieux, deux ou trois dizaines d'espèces en pâture intensifiée de plaine). Les contrastes édaphiques et les interactions sols-pratiques expliquent en grande partie cette forte différenciation du couvert végétal [39,44]. Les sols varient très rapidement, à l'échelle décamétrique, selon la durée d'enneigement, les roches mères locales, l'amont et la circulation d'eau dans les versants et, enfin, selon le pendage des roches, d'un versant à l'autre d'une même montagne [45]. Une telle variabilité se traduit, dans un même quartier, voire lors d'une même journée de pâture, par une offre fourragère très variée, provenant de toute une gamme de milieux, de calcicoles à acidophiles, de xérophiles à frais [43,46]. Dans des prairies de fauche, la diversité est moins grande (3 associations végétales représentant une centaine d'espèces fréquentes environ) et les variations de la végétation dépendent en premier lieu de

celle des pratiques et secondairement du régime hydrique des sols [42]. Les contraintes topographiques et topoclimatiques typiques des Alpes favorisent le maintien d'une assez grande diversité des dates de fauche et des fertilisations appliquées à ces prairies. Il en résulte des situations favorables à l'existence et à l'usage de prairies maigres dont la composition floristique est, par ailleurs, la plus originale. Au total, les foins récoltés contiennent donc plus fréquemment des lots provenant de prairies à végétation originale et sont en moyenne d'une composition botanique plus diversifiée qu'en plaine voisine. Bien évidemment, la généralisation de l'intensification conduirait à diminuer la fréquence de ces caractéristiques spécifiques liées au terroir physique.

Conclusion et perspectives

Les travaux entrepris dans le cadre de ce programme de recherche-développement ont permis de répondre à un certain nombre de questions posées par la filière concernant, dans un premier temps, les spécificités des facteurs de production des fromages des Alpes du Nord (type de vache, nature des aliments, conduite estivale) et, dans un second temps, leurs liaisons avec le produit fini. Ces résultats donnent des indications précieuses pour raisonner les priorités de sélection et la conduite alimentaire des animaux. Nous avons ainsi montré que les modèles et les outils de rationnement des vaches laitières proposés à l'échelle nationale étaient applicables dans les conditions des Alpes du Nord. Ces travaux ont aussi fourni des outils spécifiques à la profession. C'est le cas par exemple de la valeur alimentaire des fourrages ou de la caractérisation des fromages par des jurys d'analyse sensorielle.

Ces travaux ont aussi une portée scientifique qui dépasse largement la filière alpine. En ce qui concerne l'**animal**, ils ont permis de progresser sur la notion d'interaction entre génotype et milieu en montrant l'existence d'une telle interaction sur une courte période de la carrière des vaches et en proposant des hypothèses d'explication, liées à la précocité. Ils confirment qu'une sous-alimentation modérée n'a que peu d'effet sur les performances de reproduction, quel que soit le type de vache, et mettent en évidence, dans des conditions identiques de conduite des animaux, des différences considérables d'aptitude à la reproduction d'une race à l'autre.

En ce qui concerne le **fromage**, ils ont permis de fournir des éléments originaux et objectifs de liaison du produit à son terroir, qui constitue un élément fondamental de la notion de produit d'AOP. La mise en évidence d'une liaison entre les caractéristiques génétiques des vaches (variant C de la caséine ß) ou la nature de la flore d'alpage et les caractéristiques sensorielles des fromages sont deux exemples originaux de cette démarche. L'existence d'une relation entre diversité floristique et richesse aromatique de certains fromages confirme que la diversité prairiale pourrait être une des questions-clefs de la problématique des terroirs en matière de fromages alpins. Le maintien de cette diversité renvoie à des pratiques de conduites des prairies (fertilisation, période de fauche, mode de conduite de l'alpage…) adaptées et qui ont fait l'objet de travaux spécifiques dans les premières années du GIS. Elle renforce l'importance de l'alpage dans le système de production, celui-ci devenant un lieu privilégié de l'expression de l'effet "terroir".

Cependant, le terroir ne saurait être considéré uniquement comme un ensemble complexe de relations biologiques et chimiques entre milieu-végétation-animal et produit. L'identité d'un fromage repose aussi sur des processus sociaux, des manières de produire, des savoirs et des pratiques. Elle implique aussi la représentation que se font les producteurs et les consommateurs de leur produit et de la manière de le produire. Des travaux ont été récemment développés sur ce volet dans le cadre du GIS [47].

Jean-Baptiste Coulon,
Adaptation des Herbivores aux Milieux, Clermont-Theix

De haut en bas : flore de prairies alpestres
• pavots
• flores diverses
• gentiane de Koch.







Photos : Gérard Grosclaude

Références bibliographiques

[1] Coulon J.B., D'Hour P., 1994. Effet de la race et du niveau des apports énergétiques sur les performances de vaches laitières de race Holstein ou Tarentaise. *Ann. Zootech.*, 43, 355-368

[2] Coulon J.B., Garel J.P., 1996. Aptitude à la marche de vaches laitières de types génétiques différents : influence d'un exercice répété sur la production laitière. *Ann. Zootech.*, 45, 349-355.

[3] D'Hour P., Coulon J.B., Petit M., Garel J.P., 1995. Caractérisation zootechnique de génisses de races Holstein, Montbéliarde et Tarentaise. *Ann. Zootech.*, 44, 217-227

[4] Hauwy A., Bornard A, Coulon J.B., Haltel L, 1993a. Performances de vaches laitières en alpage : effet du niveau de la complémentation en aliment concentré. *INRA Prod. Anim.*, 6, 289-295

[5] Hauwuy A., Coulon J.B., Paradis J., 1993b. Effet de la nature des foins des Alpes du Nord sur les performances des vaches laitières. *Ann. Zootech.*, 42, 289-298

[6] Grappin R., Coulon J.B., 1996. Terroir, lait et fromage : éléments de réflexion. *Renc. Rech. Ruminants* 1996, 3, 21-28.

[7] Hauwuy A., Paradis J., Coulon J.B., 1992. Complémentation énergétique de ration à base de foin pour les vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 5, 339-346

[8] Macheboeuf D., Coulon J.B., D'Hour P., 1993. Aptitude à la coagulation du lait de vache : effet de la race, des variants génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et de lactation. *INRA Prod. Anim.*, 6, 333-344

[9] Coulon J.B., Roybin D., Congy E., Garret A., 1988. Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache facteurs de variation dans les exploitations du pays de Thônes (Haute-Savoie), *INRA Prod. Anim.*, 1, 253-263

[10] Agabriel C., Coulon J.B., Marty G., 1991. Facteurs de variations du rapport TB/TP du lait de vache : étude dans les exploitations des Alpes du Nord. *INRA Prod. Anim.*, 4, 141-149

[11] Agabriel C., Coulon J.B., Sibra C., Journal C., Hauwuy A., 1997. Facteurs de variations de la numération cellulaire du lait en exploitation. *Ann. Zootech.*, 46, 13-19.

[12] Lamarche A., Martin B., Hauwuy A., Coulon J.B., Poutrel B., 2000. Evolution of milk somatic cell count of cows grazing an alpine pasture according to the infection of udder by pathogens. *Ann. Zootech.*, 49, 45-54

[13] Coulon J.B., Pradel P., 1997b. Effect of walking on roughage intake and milk yield and composition of Montbéliarde and Tarentaise dairy cows. *Ann. Zootech.*, 46, 139-147.

[14] Michel V., Hauwuy A., Chamba J.F., 2001. La flore microbienne des laits crus de vache : diversité et influence des conditions de production. *Lait*, 81, 575-592.

[15] Demarigny Y., Beuvier E., Buchin S., Pochet S., Grappin R., 1997. Influence of raw milk microflora on the characteristics of Swiss-type cheeses : II Biochemical and sensory characteristics. *Lait*, 77,151-167

[16] Buchin S., Martin B., Dupont D., Bornard A., Achilleos C., 1999. Influence of the composition of Alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheese. *J. Dairy Res.*, 66, 579-588.

[17] Martin B., Coulon J.B., 1995a. Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. I. Influence des facteurs de production sur l'aptitude à la coagulation des laits de troupeaux. *Lait*, 75, 61-80

[18] Martin B., Coulon J.B., 1995b. Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. II. Influence des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du Reblochon de Savoie fermier. *Lait*, 75 : 133-149.

[19] Coulon J.B., Verdier I., Pradel P., Almena M., 1998. Effect of lactation stage on the cheesemaking properties of milk and the quality of Saint-Nectaire type cheese. *J. Dairy Res.*, 65, 295-305.

[20] Nuyts-Petit V., 1991. Influence des variants génétiques des caséines bovines sur l'aptitude fromagère du lait de vache de races traditionnelles. Thèse, université de Compiègne.

[21] Delacroix-Buchet A., Marie C., 1994. Comparaison des variants de caséine des laits de vaches Tarentaise en modèle fromager de type Beaufort. I. Aptitudes fromagères et rendements fromagers. *Lait*, 74, 343-360 .

[22] Marie C., Delacroix-Buchet A., 1994. Comparaison des variants de caséine ß des laits de vaches Tarentaise en modèle fromager de type Beaufort. II. Protéolyse et qualité des fromages. *Lait*, 74, 443-459.

[23] Martin B., Coulon J.B., Chamba J.F., Bugaud C., 1997. Effect of milk urea content on characteristics of matured Reblochon cheeses. *Lait*, 77, 505-514.

[24] Martin B., Chamba J.F., Coulon J.B., Hauwuy A., 1999. Influence of milk urea content on Reblochon cheese acidification rate. In proceeding of the Symposium on quality and microbiology of traditionnal and raw milk cheeses. *Cost Action* 1995, p. 355.

[25] Monnet J.C., Bérodier F., Badot P.M., 2000. Characterization and localization of a cheese georegion using edaphic criteria (Jura Mountains, France), *J. Dairy Sci.* 83 : 1692-1704.

[26] Martin B., Buchin S., Hauwuy A., 2001. *Effet de la nature botanique des pâturages sur les caractéristiques sensorielles du fromage de Beaufort.* In "I formaggi d'alpeggio e loro tracciabilita", ANFOSC ed. Potenza, 230-237.

[27] Bugaud C., Buchin S., Hauwuy A., Coulon J.B., 2002. Texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : cas du fromage d'Abondance. *INRA Prod. Anim.*, 15, 31-36.

[28] Verdier-Metz I., Coulon J.B., Pradel P., Viallon C., Albouy H., Berdagué J.L., 2000. Effect of the botanical composition of hay and casein genetic variants on the chemical and sensory characteristics of ripened Saint-Nectaire type cheeses. *Lait*, 80, 361-370.

[29] Buchin S., non publié

[30] Bosset J.O., Jeangros B., Berger T., Bütikofer U., Collomb M., Gauch R., Lavanchy P., Scehovic J., Sieber R., 1999. Comparaison de fromages à pâte dure de type gruyère produits en région de montagne et de plaine. *Revue Suisse Agricole*, 31, 17-22

[31] Mariaca R.G., Berger T.F.H., Gauch R., Imhof M.I., Jeangros B., Bosset J.O., 1997. Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4423-4434.

[32] Cornu A., Carnat A.P., Martin B., Coulon J.B., Lamaison J.L. Berdagué J.L., 2001. Solid phase microextraction of volatile components from natural grassland plants. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 203-209.

[33] Viallon C., Martin B., Verdier-Metz I., Pradel P., Garel J.P., Coulon J.B., Berdagué J.L., 2000. Transfer of monoterpenes and sesquiterpenes from forages into milk fat. *Lait*, 80, 635-641.

[34] Buchin S., Delague V., Duboz G., Berdagué J.L., Beuvier E., Pochet S., Grappin R., 1998. Influence of pasteurization and fat composition of milk on the volatile compounds and flavor characteristics of a semi-hard cheese. *J. Dairy Sci.*, 81, 3097-3108.

[35] Viallon C., Verdier-Metz I., Denoyer C., Pradel P., Coulon J.B., Berdagué J.L., 1999. Desorbed terpenes and sesquiterpenes from forages and cheeses. *J. Dairy Res*, 66, 319-326.

[36] Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge R.M., Doreau M., 2000. Ruminant milk fat plasticity : nutritional control of saturated, polysunsatured, trans aconjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49, 151-205

[37] Collomb M., Bütikofer U., Spahni M., Jeangros B., Bosset J.O., 1999. Composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du lait de vache en zone de montagne et de plaine. *Sciences des Aliments*, 19, 97-110.

[38] Faverger C., 1972. *Guide du naturaliste dans les Alpes. La flore.* Delachaux et Niestlé, Paris, pp. 114-183.

[39] Richard L., Pautou G., 1982. Carte de la végétation de la France au 1/200 000 : Alpes du Nord et Jura méridional. *Notice des feuilles*, 48, Annecy et 54, Grenoble. CNRS Éditions, Paris, 315 p.

[40] Fleury P., Dorioz J.M., Jeannin B., 1992. Changes in structural aspects, morphogenic features and nutritive value of *Dactylis glomorata L.* and *Festuca pratensis H.* in relationship with trophic state and altitude. Congrès de la Féd. eur. des herbages (FEH), juin 1990, vol. 1, pp. 242-245.

[41] Dorioz J.M., Fleury P., Jeannin B., 1987. *Impacts des facteurs pédoclimatiques sur les prairies de montagne. Agrométéorologie des moyennes montagnes.* INRA Éditions, Paris, 233-248.

[42] Jeannin B., Fleury P., Dorioz J.M., 1991. Typologie des prairies de fauche des Alpes du Nord, méthode et réalisation. *Fourrage*, 128, 379-396.

[43] Dorioz J.M., 1995. Alpages, prairies d'altitude et pâturages. Le Jura - Rencontres jurassiennes, oct. 1994. *Réserve nat. du Jura*, 145-155.

[44] Bornard A., Cozic P., Brau-Nogué C., 1994. Diversité spécifique et écologique des végétations des alpages laitiers des Alpes françaises du Nord. 8th meeting of *the FAO Working group for Mountain Pasture.*

[45] Dorioz J.M., Van Oort F., 1991. Approche agropédologique des zones pastorales sur calschistes sédimentaires. 2. Répartition des sols et des valeurs d'usage pastoral. *Agronomie*, 11, 395-409.

[46] Legros J.P., Party J.P., Dorioz J.M., 1987. Répartition des milieux calcaires, calciques et acidifiés en haute montagne humide. Conséquences agronomiques et écologiques. *Doc. Carto. Ecol.*, 30.

[47] Faure M., 1998. Patrimonialisation des productions fromagères dans les Alpes du Nord : savoirs et pratiques techniques. *Rev. Géo. Alpine*, 4, 51-60

[48] Coulon J.B., Priolo A., 2002. Influence of forage feeding on the composition and sensory properties of meat and dairy products : bases for a "Terroir" effect. *19th international congress of the European Grassland Federation.* La Rochelle, mai 2002.

[49] Salette J., Asselin C., Morlat R., 1998. Le lien du terroir au produit : analyse du système terroir-vigne-vin ; possibilité d'application à d'autres produits. *Sciences des Aliments*, 18, 251-265.

[50] Coulon J.B., Hauwuy A., Martin B., Chamba J.F., 1997a. Pratiques d'élevage, production laitière et caractéristiques des fromages dans les Alpes du Nord. *INRA Prod. Anim.*, 10, 195-205.

[51] Dorioz J.M., Fleury P., Coulon J.B., Martin B., 2000. La composante milieu physique dans l'effet terroir pour la production fromagère. Quelques réflexions à partir du cas des fromages des Alpes du Nord. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, n°40, 47-55.

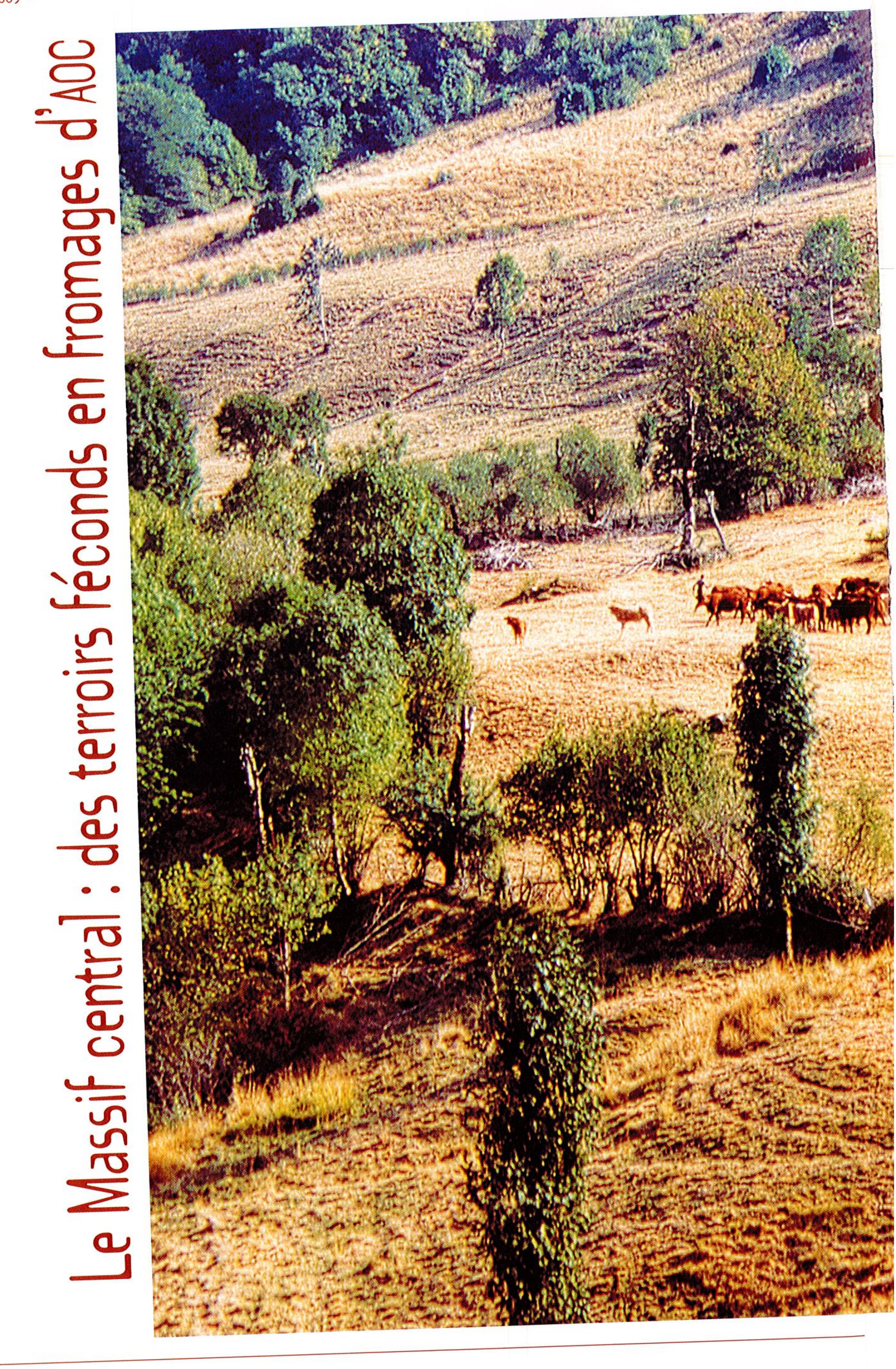
Éléments de bibliographie

sur les fromages des Alpes du Nord

- Mazure P., 1993. *Au temps des alpages. La vie extraordinaire d'Anastase Personnettaz seigneur des alpages.* Préface et postface de Roger Frison-Roche. Photographies légendées. Éd. La Fontaine de Siloé, 2e édition, 126 p.
- Viallet H., 1993. *Les alpages et la vie d'une communauté montagnarde : Beaufort du Moyen âge au XVIIIe siècle.* Éd. Académie Salésienne et Centre alpin et rhodanien d'ethnologie, 276 p.
- Vernus M. *Une saveur venue des siècles. Gruyère, Abondance, Beaufort, Comté.* Éd. Cabédita, coll. Archives vivantes. 2000
- *Les chercheurs et l'innovation. Regards sur les pratiques de l'INRA. La relance du fromage de Beaufort.* Ouvrage collectif, par P. Munstar. INRA Éd., coll. "Sciences en Questions" 1998.
- Le parc national de la Vanoise, la Chambre d'Agriculture de Savoie, SUACI et GIS Alpes du Nord. *Alpages et prairies de montagne. Un patrimoine biologique et agricole.* 2000

Par ailleurs, sur le site INRA on trouvera des fiches "Sciences au quotidien" concernant les fromages : le Comté, le Beaufort, le Brocciu corse : www.inra.fr/Intranet/Directions/DIC/SAQfiches/.htm

Le Massif central : des terroirs féconds en fromages d'AOC



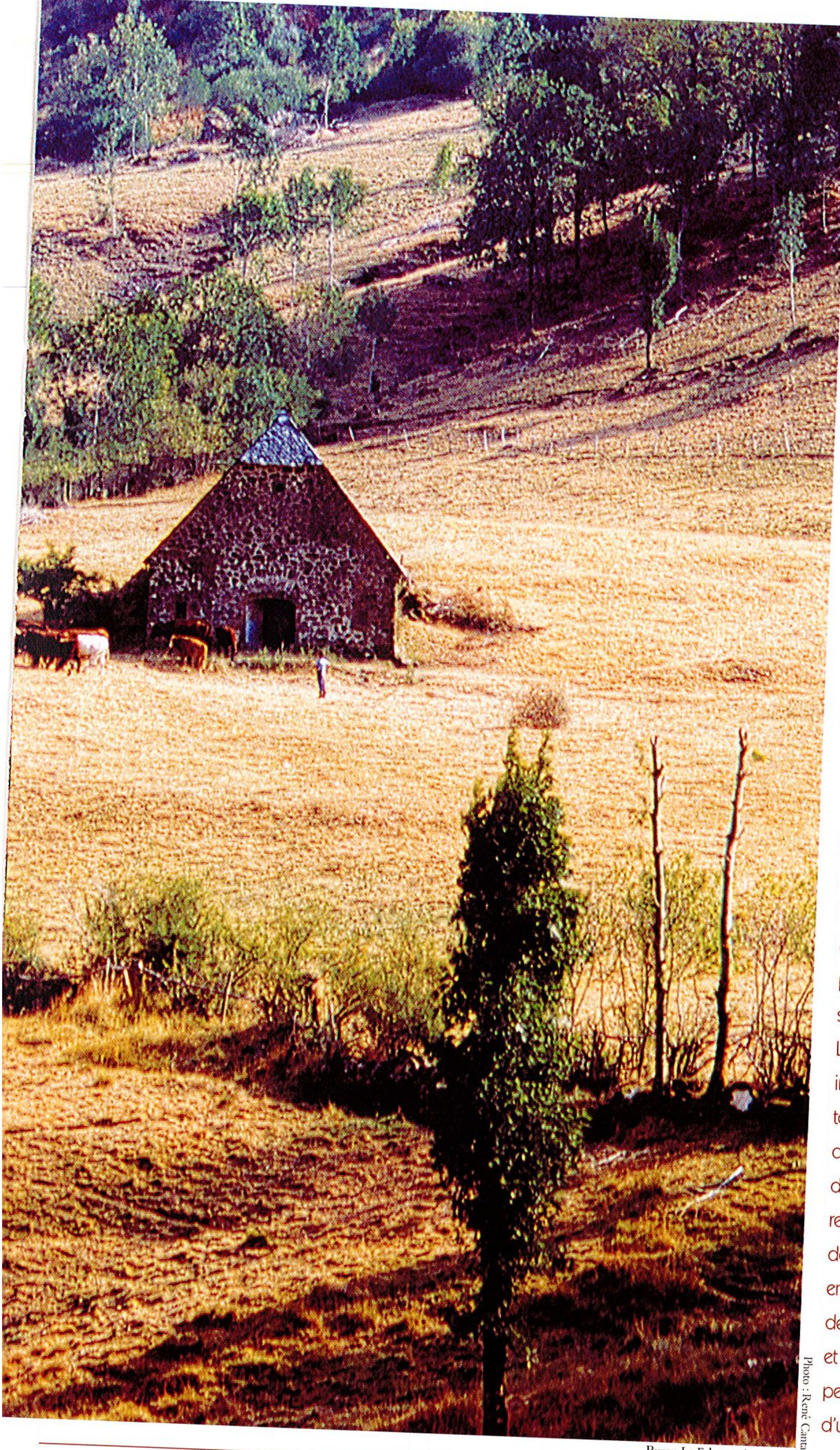


Photo : René Canta

Buron Le Falgoux, Auvergne.

Le Massif central

est "la première montagne fromagère de France" aussi bien par les tonnages produits que par la diversité de ses fromages. Pas moins de 10 AOC (Appellation d'origine contrôlée) y sont produites avec les laits de vache, de brebis et de chèvre. Elles constituent une riche gamme de fromages où les pâtes persillées sont particulièrement bien représentées : Bleu d'Auvergne, Bleu des Causses, Fourme d'Ambert, Fourme de Montbrison en lait de vache et Roquefort en lait de brebis. Les pâtes pressées non cuites également avec trois fromages de grand format : le Cantal, le Salers et le Laguiole et un fromage de format beaucoup plus réduit, à croûte fleurie et à pâte moins ferme, le Saint-Nectaire.

Le Rocamadour, AOC en lait de chèvre de reconnaissance plus récente, vient fort heureusement compléter la gamme. Leur poids économique est important : plus de 67 000 tonnes par an, 37% de la production nationale de fromages d'AOC. Les fromages d'AOC représentent eux-mêmes 16% de la production fromagère en France, plus de 50% dans des régions comme l'Auvergne et les Alpes du Nord. Ils participent largement au maintien d'une activité agricole.

Le Massif central :
des terroirs féconds en fromages d'AOC



Une grande diversité géologique...

Massif ancien partiellement recouvert par les sédiments du secondaire puis subissant durant la formation des Alpes des rehaussements, des fractures et des périodes d'intense volcanisme, le Massif central présente une grande variété de faciès géologiques qui, soumis alternativement à l'érosion de périodes de glaciation et de périodes de climat tropical puis aujourd'hui à des influences climatiques diverses, ont donné naissance à un large éventail de milieux naturels dont aucun ne couvre de grandes surfaces. De ce fait, il est inévitable qu'une aire de production d'AOC, par nature en général de plus grande dimension, englobe une diversité de milieux naturels [1]. Les données du milieu physique sont donc multiples et de ce fait, permettent d'intégrer le terroir seulement dans une typologie très générale du type "zone de montagne", "fond de vallée", "zone au climat humide", "zone au climat sec"... Ce sont les composantes tirées de l'activité des hommes dans la zone de production de l'AOC qui vont permettre de parvenir à une caractérisation plus fine et faire ressortir les relations entre l'AOC et son terroir : type d'exploitation, mode de production laitière, type d'atelier de transformation, moyens d'affinage et de conservation.





Photo : Gérard Grosclaude

Causse du Larzac.

... d'où une grande variété de terroirs

La diversité des données constitutives d'un terroir susceptibles de jouer un rôle dans la naissance d'un fromage et dans son développement permet de mieux comprendre comment un terroir du Massif central a pu façonner plusieurs AOC sans que soit remise en cause la force de ses liens avec chacune d'entre elles. Les facteurs à l'origine de l'apparition d'un fromage d'AOC diffèrent, selon les cas, par leur nombre et la nature de certains d'entre eux. Vouloir attribuer à chaque AOC sa propre aire, sans superposition ni recoupement avec d'autres aires d'appellation, serait méconnaître l'histoire de ces fromages c'est-à-dire les raisons qui ont amené des hommes à les créer et ensuite à les développer. À la faveur de la mise en place de filières organisées, la production de l'AOC a été étendue à d'autres zones, contiguës, de production laitière importante. Chaque AOC ayant eu la même propension à étendre son aire d'origine, dans certaines zones, tel le département du Cantal où six AOC sont produites, les recouvrements d'aire se sont doublés d'imbrications de filières ajoutant à la complexité de la situation : des entreprises fabriquent ou commercialisent plusieurs AOC, souvent en un même site [2].

... et de fromages d'AOC

Les histoires du fromage de Cantal, du Saint-Nectaire et du Bleu d'Auvergne sont étroitement liées.

Autour du massif du Sancy, les petits fermiers ont toujours fabriqué du Saint-Nectaire tandis que les grandes exploitations produisaient du Cantal en été et du Saint-Nectaire en hiver. Tout près de là, d'autres petits fermiers confectionnaient des fromages "Bleu" pour une consommation familiale. Les liens avec le type d'exploitation sont ici manifestes dès la naissance de l'AOC.



Photo : Bertrand Nicolas

- Le Saint-Nectaire

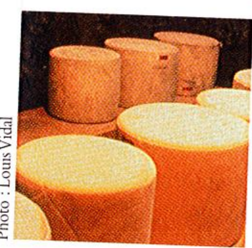
Le Saint-Nectaire était utilisé par les paysans du Moyen Âge pour payer les droits de fermage. Le format de ce fromage a été initialement déterminé par la taille des troupeaux que pos-

[1] Brunschwig G., 2000. Terroirs d'élevage laitier du Massif central : identification et caractérisation, étude Pôle Fromager AOC Massif central, 223 p. Enita de Clermont-Ferrand - F 63370 Lempdes.

[2] Ricard D., 1997. Stratégies des filières fromagères françaises. Éditions RIA, 224 p. C'est aussi le cas du Beaufort, du Reblochon et de l'Abondance dont les aires de production sont également imbriquées.

sédaient les fermes. À cette époque, dans les zones d'habitat permanent des monts Dore et du Cézallier, un troupeau se limitait souvent à quelques vaches ; ce qui amenait les paysans à fabriquer un fromage de petite taille. Ce format plutôt réduit convenait également aux plus grandes exploitations pour valoriser leur production laitière hivernale très limitée alors que leur production d'été beaucoup plus abondante était destinée à la fabrication de fourmes de Cantal. Mais tout cela ne nous aurait peut-être pas permis de connaître le Saint-Nectaire si au XVII[e] siècle le maréchal de Senecterre n'avait présenté au roi Louis XIV un fromage issu de son fief. Il plut au roi. Sa renommée alla croissant ; elle s'identifia d'abord à son zélé défenseur puis elle en vint à se mesurer à celle de la sainteté : Senecterre se transforma en Saint-Nectaire.

- Le Cantal, le Salers et le Laguiole


Photo : Louis Vidal

Le Cantal et le Salers dans la même aire, le Laguiole dans une aire voisine, sont des variantes d'une même technologie. D'origine très ancienne, leur existence est rapportée par le chroniqueur de César dans *De bello Gallico* (De la guerre des Gaules) . Ils ont été pendant des siècles un des constituants indispensables de la nourriture des populations de ces moyennes montagnes dans un mode de vie agro-pastoral où l'utilisation des estives occupait une place-clé. Ces fromages permettaient de conserver le capital nutritif du lait produit en montagne. Descendus dans les vallées et après avoir subi un long affinage durant lequel ils acquéraient une saveur appréciée, ils devenaient un produit négociable.

Aujourd'hui, seule une petite part du Salers est fabriquée en estive : la totalité de cette AOC reste néanmoins produite en zone de montagne, en ateliers fermiers, sans report de lait et uniquement lorsque les vaches sont à l'herbage. L'appellation "Cantal" est apparue lorsque se sont développés les ateliers de transformation coopératifs ou privés collectant le lait. De leur longue histoire, les AOC de ce groupe ont hérité des particularités de leur technologie : premier pressage avant salage où le caillé subit un égouttage important et où une partie du lactose est fermentée avec une production réduite d'acide lactique. Cette étape permettait le report d'un caillé déjà stabilisé et le montage d'une fourme sur plusieurs jours. La pratique du report n'a plus cours mais cette étape où le pressage se trouve découplé du salage et de la pointe d'acidification, contribue toujours à l'obtention d'un fromage à extrait sec élevé apte à subir un long affinage et une longue conservation.

- Les "Bleu"


Photo : Christophe Maitre

La quête de saveurs typées est bien illustrée par les AOC se rattachant au créneau étroit des fromages de type Bleu. Qu'il s'agisse du Bleu d'Auvergne, de la Fourme d'Ambert ou de la Fourme de Montbrison, ces fromages sont à l'origine produits dans des fermes ne disposant que d'un petit troupeau, plus important en Fourme d'Ambert et en Fourme de Montbrison qu'en Bleu d'Auvergne et leur poids est voisin de celui du Saint-Nectaire. Leur particularité est de mettre en œuvre une moisissure interne, agent très puissant d'aromatisation et d'affinage : la moisissure bleue, *Penicillium roqueforti*. Diverses souches de cette moisissure sont présentes dans les caves humides des aires de production. Pour l'ensemble des AOC du massif, le type de cave est un élément constitutif du terroir de première importance. La cave apporte une température régulière et optimale, une hygrométrie, une composition d'atmosphère (accumulation de gaz jouant un rôle dans l'affinage) et des ensemencements en flore de surface des fromages qui concourent à la typicité et à la qualité du fromage [3]. Les caves sont constituées soit par des grottes naturelles soit par des constructions spécifiques à l'aire d'AOC. Sans les grottes naturellement réfrigérées de Banière, le Bleu d'Auvergne n'aurait pu prendre son essor. Sans les cavités karstiques des plateaux calcaires et les échanges thermiques qui régulent leur température, le Bleu des Causses n'aurait pas été produit. Grâce aux grottes et aux anciennes carrières du sous-sol clermontois, les producteurs de Saint-Nectaire ont pu multiplier les caves d'affinage au sein de la plus forte concentration

[3] L'exemple du Roquefort évoqué dans *INRA mensuel*, tiré à part, 22 septembre 1995 "30 ans de recherches : La Fage" est très démonstratif à cet égard.


Photo : Gilles Cattiau

Roquefort-sur-Soulzon.

de consommateurs de cette AOC. Les "inventeurs" de la Fourme d'Ambert et de la Fourme de Montbrison ont dû aménager des caves que le milieu naturel ne leur offrait pas. Elles ont été construites au niveau inférieur de la jasserie, bâtiment d'estive abritant les personnes et l'activité fromagère ; elles étaient traversées par une rigole dont l'eau assurait la régulation en température et en hygrométrie. Les jasseries ont disparu mais elles ont contribué à définir les conditions de fabrication et d'affinage.

Des flores microbiennes très variées

La production des AOC du Massif central met en œuvre, dans les phases de fabrication et d'affinage, des flores microbiennes très variées apportées par ensemencement naturel du lait et de la surface des fromages. Le capital biologique qu'elles constituent fait partie intégrante du terroir. Les évolutions profondes des conditions de production du lait, la mécanisation des procédés de fabrication, la disparition de germes bénéfiques (ou leur réduction) par les nécessaires mesures d'hygiène, appauvrissent cet ensemencement naturel. Ainsi des germes bénéfiques qui n'avaient pas encore été identifiés et étudiés peuvent disparaître des écosystèmes laitiers [4].

[4] Voir à ce sujet, dans le même document, les articles de Jean-Baptiste Coulon et de Micheline Guéguen.

Des recherches pour maintenir la qualité et la sécurité alimentaire

Conscients des difficultés croissantes qu'ils rencontraient pour reproduire les meilleurs fromages, les producteurs d'AOC du Massif central apportèrent à l'INRA leur concours pour créer en 1973, au centre de la zone fromagère du massif, un laboratoire de recherches qui avait pour mission première la défense des caractéristiques des AOC. Germain Mocquot fut l'infatigable animateur de ce projet apportant l'expertise de l'INRA et le rayonnement de sa personnalité. Il sut fédérer les énergies professionnelles et mobiliser les services de l'État impliqués. Dans cet esprit, il conduisit une délégation de professionnels au centre de recherche hollandais du NIZO pour leur présenter un très bel exemple de prise en charge de la recherche par une profession.

Pour plusieurs AOC il y avait urgence. Pour le Saint-Nectaire, on ne maîtrisait plus la flore de surface qui joue un rôle déterminant dans l'affinage de ce fromage. Les producteurs de Cantal parvenaient de plus en plus difficilement à obtenir le "boutonné" caractéristique du croûtage. Par manque de connaissances des aptitudes des souches de *Penicillium roqueforti* et après la perte du savoir-faire touchant à leur production à usage fromager, les Bleus d'Auvergne et les Fourmes d'Ambert ou de Montbrison étaient ensemencés avec des souches produites par des laboratoires milanais et utilisées sur une large palette de Bleus.

À la demande des syndicats fromagers d'Auvergne, partenaires depuis son installation, le laboratoire de Recherches fromagères (LRF) d'Aurillac s'est donc d'abord préoccupé d'isoler et de caractériser les souches microbiennes qui apparaissaient immédiatement les plus indispensables à la maîtrise de la technologie et à la défense de la typicité des AOC du Massif central. Certaines d'entre elles appartenaient à des espèces spécifiques de l'AOC concernée. Dans la même ligne d'action, il a aidé à la création d'un laboratoire de production de levains qui peut, au cœur du Massif central, multiplier les souches isolées par le LRF et adaptées à ces AOC.

Les filières fromagères d'AOC continuent d'évoluer dans leur politique de qualité. Elles doivent répondre aux exigences de la réglementation et aux attentes des consommateurs. Même si les fromages d'AOC, fleurons de la gastronomie française, ont des atouts sur le marché des fromages, ils ne pourront continuer à s'imposer que s'ils se démarquent toujours par leurs caractéristiques sensorielles diverses et originales, et surtout si des garanties sont apportées sur le plan de leur sécurité alimentaire. Pour définir leur cahier des charges, gage de qualité gastronomique et hygiénique, les filières fromagères ont besoin de s'appuyer sur des données scientifiques objectives. Le laboratoire de Recherches fromagères en collaboration avec l'unité de recherches sur les Herbivores et le domaine expérimental de Marcenat (INRA Clermont-Theix) continue à contribuer à l'acquisition de ces connaissances. Il centre ses recherches sur les caractéristiques de la matière première "lait" et sa richesse en flore microbienne, points forts des fromages au lait cru qu'il convient d'exploiter au maximum.

L'effet des facteurs zootechniques sur les caractéristiques nutritionnelles et sensorielles des fromages fait l'objet de programmes à long terme. Une attention particulière est apportée à l'influence de

Production des fromages d'Appellation d'origine contrôlée dans le Massif central en 2000

lait de vache	Bleu d'Auvergne	7782
	Bleu des Causses	1167
	Cantal	19245
	Fourme d'Ambert/Montbrisson	6394
	Laguiole	645
	Saint-Nectaire	13512
	Salers	1195
	Rocamadour (lait de chèvre)	600
	Roquefort (lait de brebis)	18135

unité : tonne
Rapport d'activité 2000, Institut
Source INAO, Syndicat de défense des appellations d'origine

Race Salers.

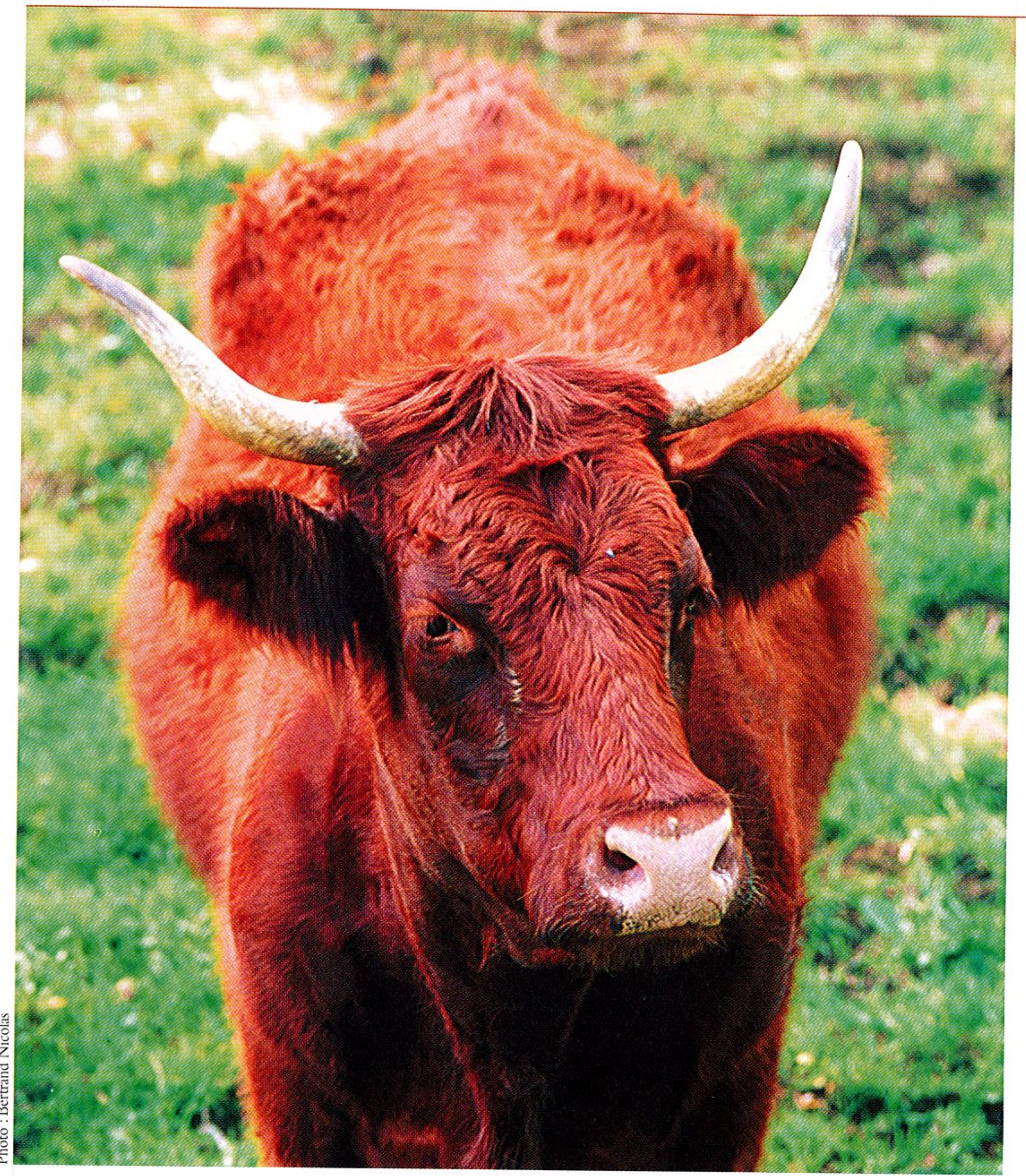


Photo : Bertrand Nicolas

Les voix intérieures

Devant la blanche ferme où parfois vers midi
Un vieillard vient s'asseoir sur le seuil attiédi,
Où cent poules gaîment mêlent leurs crêtes rouges,
Où, gardiens du sommeil, les dogues
dans leurs bouges
Écoutent les chansons du gardien du réveil,
Du beau coq vernissé qui reluit au soleil,
Une vache était là, tout à l'heure arrêtée.
Superbe, énorme, rousse et de blanc tachetée,
Douce comme une biche avec ses jeunes faons,
Elle avait sous le ventre un beau groupe d'enfants,
D'enfants aux dents de marbre, aux cheveux
en broussailles,
Frais, et plus charbonnais que de vieilles murailles,
Qui, bruyants, tous ensemble, à grands cris
appelant
D'autres qui, tout petits, se hâtaient en tremblant,
Dérobant sans pitié quelque laitière absente,
Sous leur bouche joyeuse et peut-être blessante
Et sous leurs doigts pressant le lait par mille trous,
Tiraient le pis fécond de la mère au poil roux.
Elle, bonne et puissante et de son trésor pleine,
Sous leurs mains par moments faisant frémir
à peine
Son beau flanc plus ombré qu'un flanc
de léopard,
Distraite, regardait vaguement quelque part.
[…]

Extraits de La vache, par Victor Hugo 15 mai 1837

l'**alimentation des vaches** car les corrélations qui peuvent être mises en évidence entre les espèces spécifiques de la flore des prairies naturelles de montagne (les précurseurs d'arômes en particulier), les caractéristiques sensorielles et la valeur "santé" des fromages, sont d'authentiques liens au terroir [4]. Les recherches du laboratoire s'attachent également à relever le grand défi du fromage au lait cru qu'est la gestion de la **diversité microbienne** dans les laits et les fromages. Quelle diversité faut-il préserver dans le lait et comment maîtriser l'affinage pour ne pas entraîner la perte de la richesse sensorielle des fromages liée à l'équilibre subtil des molécules aromatiques produites par la flore microbienne du lait, tout en garantissant la sécurité alimentaire de ces produits ? Cette diversité n'est-elle pas la meilleure assurance pour faire barrière aux microflores pathogènes ? Les réponses à ces interrogations devraient être apportées par les travaux de recherches menés sur l'écologie microbienne de fromages traditionnels au lait cru. Les fromages fermiers d'AOC Salers et Saint-Nectaire sont pris comme modèles d'étude avec pour objectifs d'apprécier leur diversité microbienne puis de comprendre comment les micro-organismes (flores nuisibles comme flores d'intérêt technologique) interagissent entre eux dans leur environnement (lait et fromages). La structure et les fonctions de ces communautés microbiennes sont appréhendées d'une part par une approche *in vitro* d'identification et de caractérisation d'isolats, d'autre part par des méthodes moléculaires directes en étudiant les micro-organismes dans leur environnement fromager.

La complémentarité du savoir-faire des hommes, professionnels et chercheurs, est la garantie que les filières fromagères d'AOC sauront conserver ce patrimoine tout en accompagnant les évolutions qui peuvent être nécessaires.

Géraud Pradel, Marie-Christine Montel,
Recherches fromagères, Aurillac

Le fromage de Comté : bilan d'un demi-siècle de recherches





Photo : Christian Slagmulder

Le Comté

est un fromage de grande et très ancienne réputation, sous ce vocable ou sous un autre, résultant de la transformation du lait de vache, essentiellement de race Montbéliarde et, pour une plus faible part, de race Pie rouge de l'Est. Fabriqué en Franche-Comté, il bénéficie depuis un peu plus de cinquante ans (1952) d'une Appellation d'origine contrôlée sous le nom de Comté.
En 2002, sa production a atteint 50 000 tonnes par an et a concerné environ 3 000 éleveurs.
Depuis des temps fort lointains au XIIIe siècle, la fabrication en fruitière (petite fromagerie de village) est mentionnée à Déservillers et à Levier dans le Doubs ; le fromage obtenu est alors appelé Vachelin ; c'est une pâte dure.

Le fromage de Comté : bilan d'un demi-siècle de recherches

Franche-Comté



La fruitière communale est, depuis plus de mille ans, la coopérative de base pour la fabrication des trois gruyères : Emmenthal, Comté et Beaufort, pour lesquels le lait doit être livré rapidement après chaque traite, ce qui impose la proximité de la fromagerie et des troupeaux. Il existe encore de très nombreuses fruitières de petite importance.



Photo : Gérard Grosclaude

Fruitière (Jura).

Un lait de qualité pour les fromageries de la zone d'appellation

Autrefois, il y a encore moins de cinquante ans, le lait de la traite du soir était livré immédiatement par le producteur à la fruitière, puis était refroidi dans des récipients à fond plat et de large diamètre, appelés "rondots", placés dans une "chambre à lait" très aérée ou dans un courant d'eau ruisselant naturellement. Il n'en est plus de même aujourd'hui où la traite du soir est mélangée à celle du matin, mais les qualités de fraîcheur et de propreté du lait sont toujours exigées pour le Comté comme d'ailleurs pour d'autres fromages "technologiquement" semblables : Emmenthal et Gruyère en Suisse, Parmigiano-Reggiano en Italie, Beaufort en Savoie.

À l'initiative de Germain Mocquot, alors responsable de la station expérimentale laitière INRA de Poligny, après des essais effectués en 1946 et 1947 dans deux fromageries du Jura, des appareils de refroidissement à ruissellement du lait commencent à être utilisés dans les années 50. Puis arriveront plus tard les refroidisseurs à plaques qui réduisent l'aération du lait.

Mais l'évolution la plus notable et la plus caractéristique de ce demi-siècle est à mettre au compte des structures fromagères. La disparition des fruitières qui avait commencé peu avant la seconde guerre mondiale, s'est accélérée jusqu'à aujourd'hui. En effet, au début de ce siècle, le nombre de fromageries avoisinait les douze cents unités et pour des raisons de distance ou de mésentente entre habitants on pouvait rencontrer deux et même trois fruitières par village ; cinquante ans après, un tiers des fruitières avait disparu ; aujourd'hui un peu moins de 200 fruitières fabriquent du Comté. Un millier d'emplois de fromager a ainsi été supprimé.

De cette évolution, il résulte pour les producteurs de lait un plus grand éloignement de la fromagerie et un temps de livraison plus conséquent. La motorisation a naturellement supplanté le transport pédestre ou par attelage mais cette situation nouvelle a incité surtout les jeunes producteurs à n'effectuer qu'une livraison journalière en supprimant celle du soir. Cette nouvelle donne a conduit à envi-

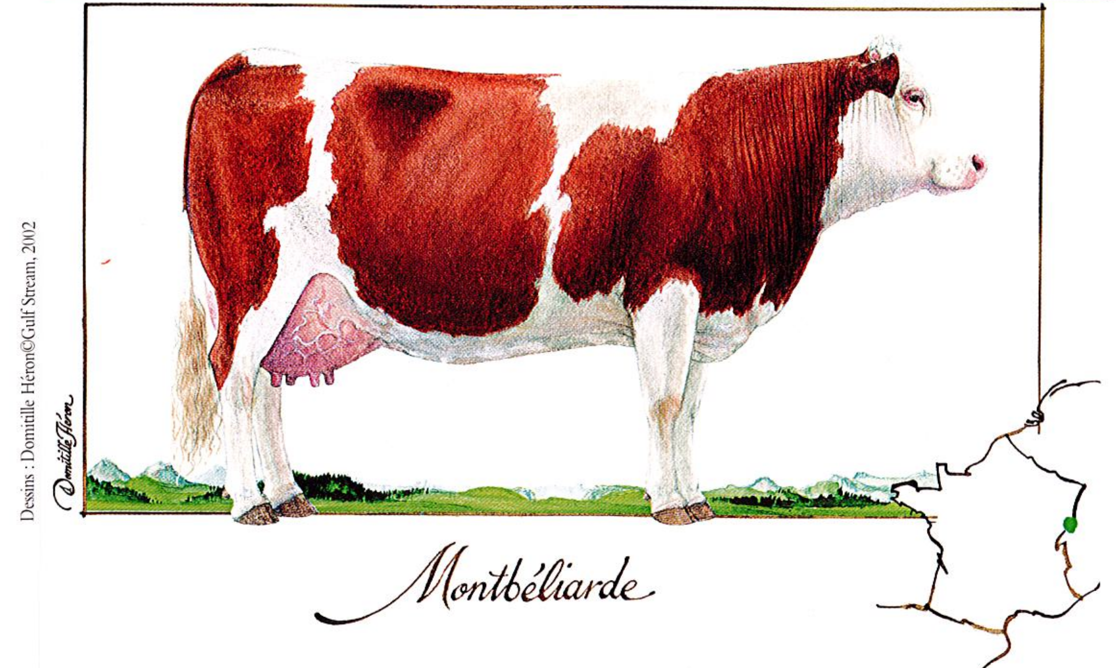
Comment se forme l'arôme du fromage

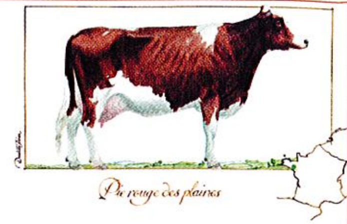
L'arôme d'un aliment, c'est l'ensemble des sensations perçues au niveau de la muqueuse nasale, lors de sa dégustation. L'arôme du fromage se décline en une multitude de notes, du "champignon" au "fruité", en passant par l'ail, l'ammoniac, ou encore des notes rappelant l'étable ou les pieds pour les fromages les plus corsés... Ainsi, par exemple, jusqu'à 75 descripteurs d'arôme sont utilisés par les jurys d'experts chargés de l'évaluation de l'arôme du Comté. Pour préserver la diversité de l'arôme des fromages, typer les produits existants, créer de nouvelles variétés sur des bases plus scientifiques, il faut comprendre comment se forme l'arôme.

L'arôme du fromage résulte de la perception de composés volatils odorants qui se forment tout au long de l'affinage. Les chercheurs de l'INRA identifient les composés-clés de l'arôme de fromage, parmi les dizaines, voire les centaines de composés volatils détectés dans chaque produit. Ils déterminent ensuite comment apparaissent ces composés d'arôme. On sait depuis longtemps que la microflore (bactéries, champignons) joue un rôle capital en transformant les composants du lait (protéines, matière grasse, lactose) au cours de l'affinage. Aujourd'hui, les chercheurs s'intéressent aux réactions biochimiques qui aboutissent à la production de composés d'arôme. Au laboratoire de recherches de Technologie laitière INRA de Rennes, ils ont montré le rôle prépondérant de la microflore propionique (les bactéries qui sont à l'origine des "yeux") dans la formation d'un composé à l'arôme de vieux fromage appelé acide isovalérique.

Anne Thierry, Technologie laitière, Rennes

Dessins : Domitille Héron©Gulf Stream, 2002





Cartes et affiches.
Éditions du Gulf Stream,
quai des Antilles, Hangar 31, 44200 Nantes,
tél. 02 40 12 46 27.
Mél. gsnantes@wanadoo.fr

Nous remercions France UPRA Sélection et les Éditions du Gulf Stream.

sager le refroidissement du lait à la ferme pour assurer la conservation de la traite du soir. À l'initiative de Germain Mocquot, des essais ont été conduits en 1984-85 avec un thermoplongeur dans une boule de transport de lait à Cerneux-Monnot (Doubs). Ce refroidissement à la ferme a posé le problème de la température de conservation du lait pour garantir un processus technologique conduisant à un fromage de haute qualité. Les travaux de l'INRA ont montré qu'il fallait s'en tenir à un refroidissement compris entre 14 et 18°C selon la saison et à des durées de conservation ne dépassant pas 14 heures. En effet, le refroidissement plus poussé du lait du soir (4°C) conduit à des transformations bactériologiques et chimiques nuisibles à la qualité du produit.

Dans les années 60, l'étude de la composition protéique du lait livré par le producteur et payé alors au kilo, montra que les laits les plus riches donnaient un rendement en fromage plus élevé. On s'orienta alors vers un paiement du lait à la MSU [1] plus équitable que si l'on prenait seulement en compte le poids livré à la fromagerie.

Compte tenu de la forme coopérative des entreprises locales, les producteurs étaient tenus de livrer à leur fromager un lait de haute qualité bactériologique. Tous les responsables de la recherche laitière française ont reconnu que cette qualité était une des meilleures au plan national. Toutefois, l'évolution des techniques de traite et de collecte du lait en Franche-Comté ont conduit à une grande vigilance et la recherche de la flore microbienne totale fut prise en compte en 1970 dans le paiement du lait de haute qualité. Depuis quelques années, avec la baisse du niveau de contamination des laits, des travaux sont engagés sur la maîtrise des flores bactériennes. Il a en effet été montré que la qualité organoleptique du Comté était, en partie, conditionnée par la nature de la flore bactérienne du lait.

La détection des mammites était faite à l'étable ; à l'initiative de Germain Mocquot, alors directeur de la station centrale de recherches laitières de Jouy-en-Josas, des numérations leucocytaires (avec identification des germes responsables des mammites) furent effectuées au laboratoire pour être pratiquées ensuite par tous les services techniques de Franche-Comté et de Rhône-Alpes. La présence de laits provenant de vaches atteintes de mammites, non seulement dommageable à la production laitière, mais aussi à la qualité du fromage, a pu ainsi être détectée. D'autres micro-organismes liés à des anomalies de structure et de goût des fromages furent alors étudiés : bactéries hétérofermentaires, coliformes et *Clostridia*. En 1964, des fabrications de gruyère à partir de lait provenant d'animaux ayant consommé de l'ensilage (Bois-Vernois, Jura) montrèrent que la contamination en *Clostridia* des laits mis en fabrication était très variable malgré les mesures draconiennes prises pour obtenir un très bon ensilage et le soin mis aux opérations de traite. Cela justifia l'interdiction de l'ensilage pour les producteurs de lait destiné au Comté ; cette interdiction fut mentionnée dans un décret relatif à l'AOC.

Actuellement, les quantités de lait livrées par chaque producteur ont été probablement multipliées par 10 et même parfois plus depuis un demi-siècle. Le nombre de producteurs a subi l'évolution inverse : Montrond (Jura) 42 producteurs en 1948 et 4 aujourd'hui. Cette évolution pose le problème du nettoyage du matériel, pompes, tuyauteries, réser-

[1] MSU : matière sèche utile : matière grasse+matière protéique.

[2] Qui se développent à des températures moyennes, généralement entre 25 et 30°C.

voirs, réfrigérants, utilisé pour la conversion et le transfert du lait dont dépendra la qualité finale du lait mis en fabrication. Là encore, la station INRA de Jouy-en-Josas a beaucoup travaillé sur le choix et l'entretien de ces matériels.

Le Comté, en savoir plus

• Techniques de fabrication

La fabrication est conduite selon les techniques communes aux pâtes pressées cuites. Le lait est ensemencé avec des ferments lactiques thermophiles, puis emprésuré. Après la coagulation interviennent le "décaillage" (découpage du caillé) et le chauffage (à 53°C minimum pendant 30 minutes). Suivent la mise en moule, puis un pressage qui expulse le sérum. Le fromage est ensuite démoulé et salé. L'ensemble dure environ 20 heures. L'affinage dure au moins 120 jours : les meules séjournent de 3 à 4 semaines en cave froide (10-14°C) à la fromagerie, puis sont regroupées dans des caves d'affinage chaudes (16-18°C), où elles sont affinées au minimum 8 à 10 semaines. La maturation se poursuit ensuite en cave froide (environ 6°C), et peut être prolongée jusqu'à 6, 8 mois voire 12 mois.

• Maîtrise des micro-organismes concernés

La flore microbienne joue un rôle essentiel dans la production fromagère, tant au niveau de la fabrication que de l'affinage, qui justifie qu'une part importante des recherches y soit consacrée.
L'INRA à Poligny travaille depuis de nombreuses années sur les bactéries lactiques thermophiles. Si ces bactéries sont principalement utilisées pour leur activité acidifiante, qui contribue à l'abaissement de pH pendant la phase d'égouttage sous presse, on sait maintenant que leur activité protéolytique (de fractionnement des protéines) modifie la texture de la pâte et permet la synthèse de précurseurs ou de composés d'arômes. Ces bactéries sont apportées sous forme de levains qui combinent une flore indigène et une flore sélectionnée ; ces ferments sélectionnés et leurs conditions d'emploi ont pu être améliorés grâce à la caractérisation des souches et de leur activité. À la demande de l'interprofession, un programme de recherche conduit essentiellement entre 1988 et 1995, a permis d'une part, d'améliorer les connaissances sur ces bactéries et d'autre part, de constituer une collection de souches spécifiques de la fabrication du Comté. Actuellement, une dizaine de souches de bactéries lactiques thermophiles issues de ce travail, est utilisée en appoint par une quarantaine de fruitières. De plus, des souches de bactéries lactiques thermophiles (streptocoques thermophiles) continuent d'être isolées et caractérisées pour d'une part, enrichir la collection et d'autre part, être utilisées en fruitières si elles présentent des caractéristiques technologiques intéressantes.
Les travaux portent ensuite sur les micro-organismes spécifiques de la phase d'affinage, comme par exemple les bactéries propioniques, flore microbienne spontanée qui se développe dans la masse de la pâte, et participe à l'ouverture (yeux) et à la production des composés d'arômes des fromages. Depuis 1987, des recherches sont également consacrées à la "morge" (flore microbienne qui se développe sur la croûte) ; après avoir procédé à une sélection de souches, leur implantation en fruitières a fait l'objet de tests ayant donné des résultats satisfaisants.
Actuellement, les modalités d'utilisation de ces souches sont à l'étude par l'interprofession du Comté.
Dans le cadre du renforcement des réglementations européennes en matière sanitaire, les recherches sont nécessaires pour aider les professionnels à maîtriser et contrôler la qualité des produits, démontrer le rôle positif de la microflore des laits crus sur la qualité finale des fromages.
Les travaux effectués depuis 1994 à l'INRA à Poligny ont pu mettre en évidence le rôle de la microflore naturelle du lait dans l'affinage et la qualité sensorielle des fromages au lait cru. Ces travaux ont privilégié jusqu'à présent une approche globale de l'écosystème microbien (identification et évolution des groupes microbiens et de leurs genres). Des études en cours ont pour but de mieux identifier cet écosystème au sein du Comté (espèces, souches) et de connaître l'origine et le rôle de ces micro-organismes.
Ces études doivent permettre de mieux appréhender la qualité microbiologique du Comté et de confirmer l'influence de la microflore du lait cru dans la fabrication du Comté.

• Maîtrise de la lainure

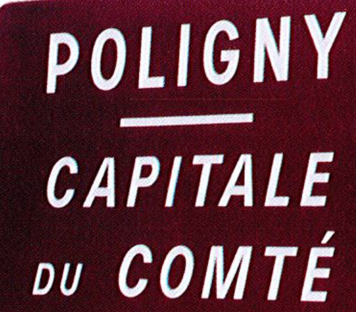
L'INRA à Poligny a d'abord entrepris des recherches concernant les défauts de présentation qui sont liés à la fabrication et aux propriétés de la pâte du fromage. Il s'agit notamment des défauts de présentation tels que la lainure (déchirures de la pâte).
À partir de 1982, dans le cadre de travaux sur la biochimie de l'affinage, les efforts ont été concentrés sur l'étude des mécanismes de formation du défaut de lainure. C'était un défaut saisonnier (apparaissant durant la période mai-août), mais qui affectait alors 25% des fromages en moyenne, et la totalité de la production dans certains ateliers. Un procédé de détection de la lainure par ultrasons a été mis au point.
Depuis 1995, le défaut de lainure qui reste la principale anomalie du Comté, s'exprime différemment : plus tardive, elle subit moins les variations saisonnières. Des travaux récents ont ouvert des pistes qui vont être approfondies au travers de prochaines recherches.
Une série d'expérimentations a permis de mettre en évidence l'influence de la composition initiale du fromage, donc des techniques de transformation, et des conditions d'affinage sur l'apparition du défaut. La déchirure de la pâte intervient d'autant plus tôt et est d'autant plus intense que le fromage est au départ moins humide et que la pâte manque de souplesse et de cohésion du fait d'un rapport gras/sec élevé, d'une protéolyse importante ou d'un faible rapport calcium/azote.
Pratiquement, pour diminuer la fréquence et l'intensité du défaut, il faut améliorer la texture de la pâte en diminuant notamment l'extrait sec et le rapport gras/sec et, si possible, éviter les pertes en calcium. Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, il reste possible de limiter les risques en pratiquant un affinage à température modérée pour limiter la protéolyse et en maintenant une hygrométrie élevée des caves pour minimiser la déshydratation des fromages.

Extrait de la fiche *Sciences au quotidien* site INRA

Une technologie adaptée à un produit de tradition

Dès les années 50, la station expérimentale laitière de Poligny (créée en 1925 et rattachée à l'INRA en 1954) apporte son aide aux fabricants en leur fournissant les **ferments lactiques thermophiles** destinés à l'ensemencement des levains et des présures traditionnelles obtenues par macération de caillettes dans du lactosérum ou de la "recuite" (lactosérum dont on a précipité les protéines par chauffage et addition de vinaigre ou de lactosérum acidifié).
À l'heure actuelle, la filière "Comté" en collaboration avec l'INRA à Poligny a constitué une collection de souches de bactéries lactiques mises à disposition des fromageries pour ensemencer leurs levains et présures traditionnelles.
Ces présures et ces levains sont utilisés chaque jour pour l'ensemencement et la coagulation du lait en cuve. Avec le refroidissement du lait du soir dans des réservoirs réfrigérants, on s'est aperçu que souvent, un minimum de maturation du lait n'était plus atteint. On a dû alors pratiquer un ensemencement du lait en cuve avec des ferments lactiques mésophiles [2] comme cela avait déjà été pratiqué dans les années 50 dans des rondots.

Le procédé ancien de fabrication du Comté n'a pas subi de changements notables ; par contre, l'augmentation de la masse de lait a obligé les fabricants de matériels à construire des cuves de plus grande capacité et par là-même à mécaniser les opérations de décaillage, de brassage et de soutirage du fromage. Des techniques de pressage par air comprimé ont remplacé les presses à contre-poids ; les toiles à fromages servant à emprisonner le grain ont disparu au profit de cercles en tôle inox perforée ou en matériau synthétique. L'INRA dans les années 60 et 70 a beaucoup travaillé et collaboré avec les constructeurs, et en particulier avec Châlon-Mégard, pour accompagner une mécanisation qui ménage les qualités traditionnelles du Comté.





À cette époque, une nouvelle technique, le procédé (Maubois, Mocquot, Vassal) d'**ultrafiltration du lait** a fait l'objet d'une étude intéressante dans une fruitière à Comté du Doubs (Lièvremont-Village). Les premiers essais ont donné de bons résultats, mais malheureusement ils ne furent pas poursuivis. À l'époque, le faible tonnage de lait traité n'a peut-être pas incité à s'intéresser à ce procédé alors qu'il est employé pour d'autres fabrications de fromages.

Un fromage de qualité

Le Comité interprofessionnel du Gruyère de Comté (CIGC) a créé, depuis plusieurs années, un jury "terroir". Ce jury a permis d'établir des liens reliant le fromage aux particularités du sol, et donc à sa végétation, d'où la notion de "cru" comme pour les vins ; plusieurs crus ont été ainsi délimités sur les plateaux jurassiens. Autrefois, les pratiques des affineurs faisaient référence pour leurs achats à deux ou trois fromageries d'une zone, montrant ainsi qu'il y avait des bassins de bonnes fromageries préfigurant les crus. La zone du val de Mièges dans le Jura est connue depuis près d'un siècle. Mais par ailleurs, l'on assiste à une disparition progressive et grave de "l'ouverture" (les "trous" ou les "yeux") sur un pourcentage élevé de Comté. Cette ouverture, caractéristique du Comté, le différencie d'autres fromages comme l'Emmenthal Suisse et le Beaufort. Le fromage conserve cependant l'essentiel de sa flaveur qui constitue la typicité du produit. Il n'en reste pas moins que la présence d'yeux apporte un plus lors de la dégustation contrairement à l'examen d'un fromage "aveugle". Le concours de Comté à Poligny le 26 juin 1999 a clairement démontré, en accordant la médaille d'or à un fromage "ouvert" alors que la majorité des fromages présentés n'avaient pas d'ouverture, qu'il fallait revenir au type de Comté défini par l'appellation d'origine. Différentes causes sont à l'origine de cette disparition de l'"ouverture", dans la qualité actuelle des laits et des techniques fromagères mises en œuvre, permettant un affinage plus long : présures pauvres en ferments propioniques (producteurs de gaz carbonique), texture de la pâte trop perméable, soutirage par le vide, affinage à des températures moins élevées qu'autrefois et souci d'éviter la lainure. Il se vend, en effet, de plus en plus de Comté affiné pendant une année.

Le bilan pour le demi-siècle qui vient de s'écouler est cependant largement positif : réduction des défauts, moins d'écarts de qualité entre les différentes fromageries. En son temps, Germain Mocquot a accompagné le Comté dans l'amélioration de sa qualité et dans sa nécessaire adaptation à une évolution qui se devait de respecter le produit traditionnel. Son objectif final a toujours été, grâce au Comté, d'assurer au producteur la meilleure valorisation de son lait. Aujourd'hui, la mission des chercheurs, du service technique de la filière (CTC) et de toute l'interprofession est de poursuivre la tâche pour faire exprimer au Comté tout son potentiel organoleptique.

Les évolutions récentes du décret de l'AOC Comté confirment une volonté d'accrocher toujours plus ce fromage à son terroir.


Photo : Gérard Grosclaude

Cave d'affinage de Comté.

Pierre Rousseaux,
Ancien directeur de la station de recherches

Nos remerciements à **Yolande Noël**, directrice du laboratoire de Poligny, et à **Antoine Berodier**, directeur du Comité technique du Comté, pour leur relecture attentive.

La fromagerie corse ancrée dans le terroir




Photo : F. Casabianca

Culture en terrasse en Castanicce, Corse.

Lorsque l'on évoque les traditions fromagères françaises, on ne pense pas spontanément à la Corse. C'est pourtant une région dont la culture fromagère est ancienne. C'est une zone montagneuse où l'élevage a toujours été un bon moyen de valoriser les ressources disponibles. Peut-être est-ce parce que l'on oublie parfois que, selon l'expression célèbre du géographe Ratzel, la Corse est "une montagne dans la mer" et que l'on évoque plus souvent ses plages fréquentées par les touristes que ses estives et ses sommets enneigés ? Cela étant, la montagne corse a certainement des spécificités, liées à son insularité et à son climat méditerranéen, par rapport aux zones de montagne que sont les Alpes, le Jura ou le Massif central, grandes régions de production fromagère évoquées par ailleurs.

La fromagerie corse ancrée dans le terroir



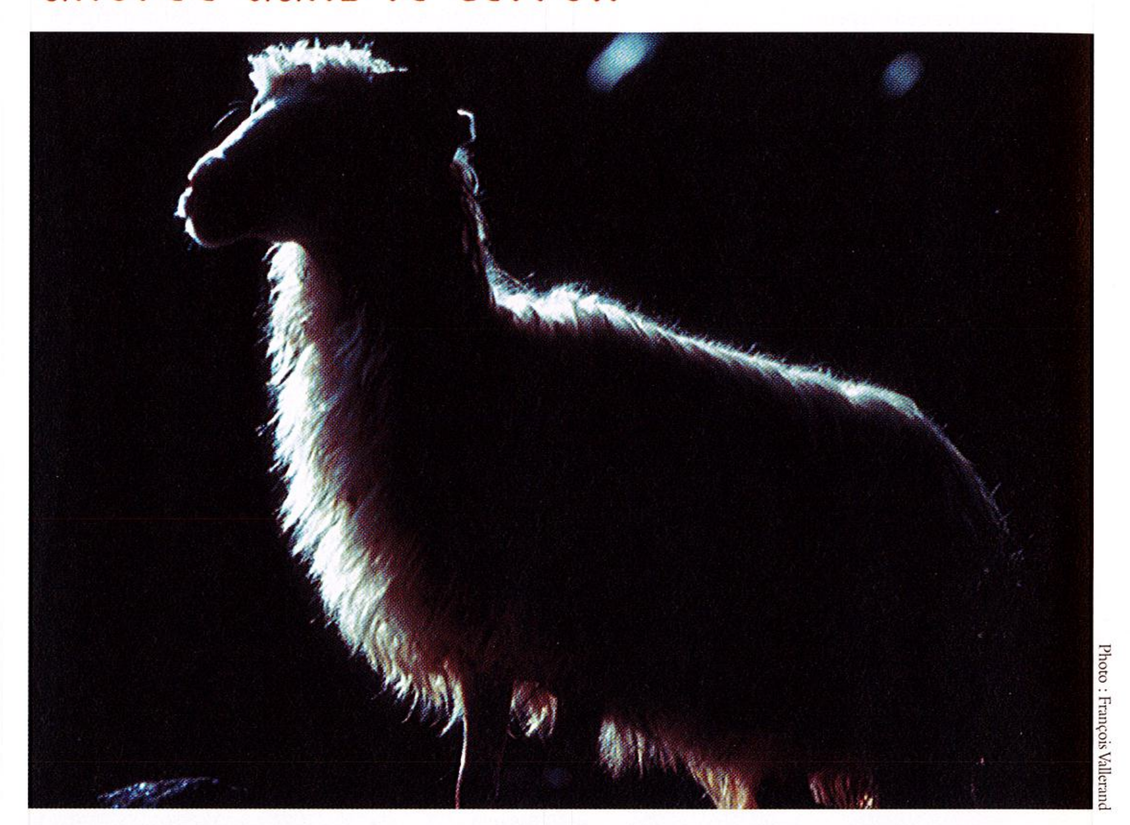


Photo : François Vallerand

La Corse, autre montagne fromagère

Concernant les productions, la principale différence provient de l'absence d'élevage laitier bovin dans l'île. En effet, tous les fromages sont fabriqués exclusivement à partir de laits de petits ruminants, brebis ou chèvres, particularité que les bergers corses partagent avec les producteurs d'Ossau-Iraty des Pyrénées. La production laitière, un peu plus de 15 millions de litres en 2001 d'après les services de la Statistique agricole, est le fait des seules brebis (109 000 laitières) et chèvres (33 000 femelles laitières, selon les mêmes sources) pour environ 900 unités d'élevage concernées.

Le plateau de fromages insulaires traditionnels est très varié (fromages à pâte molle et à croûte lavée ou séchée, comme le Venacu et le Bastelicacciu ; fromages à pâte pressée non cuite, à croûte sèche comme le Cusció, fromage de lactosérum comme le Brocciu) et constitue un véritable patrimoine gastronomique. Ces produits ont été qualifiés de "systèmes bio-culturels", tant ils ont de dimensions indissociables, à la fois technologiques, économiques et culturelles pour la société corse tout entière.

Un des fondements de ce patrimoine fromager est certainement la situation de la Corse en Méditerranée occidentale et l'originalité des systèmes de production laitiers. Comme dans d'autres îles voisines, on y valorise des ressources fourragères spontanées, fortement dépendantes des conditions climatiques, à travers des systèmes de production agropastoraux utilisant ces petits ruminants laitiers. Autrefois, ces systèmes d'élevage étaient basés essentiellement sur la double transhumance (l'hiver à la plaine, l'été à la montagne) et la fabrication fromagère, surtout printanière et estivale, avait clairement une finalité vivrière.

Paradoxalement, ce que l'on présente généralement comme des handicaps difficiles à surmonter pour la productivité ou pour répondre à la demande du marché (insularité, relief montagneux, climat méditerranéen) se révèlent des facteurs qui ont certainement permis l'apparition de produits typiques aujourd'hui considérés comme des atouts. En effet, ils semblent avoir favorisé des formes de production originales, avec des races locales adaptées aux spécificités de leur milieu, dont la préservation a été favorisée par l'insularité. De même, la gestion des ressources naturelles disponibles, utilisables par ces animaux, a entraîné des pratiques d'élevage extensives permettant souvent d'en tirer le meilleur parti et d'obtenir, en particulier, des courbes de lactation relativement régulières au

cours de la campagne de traite, avec des laits qui sont généralement de bonne qualité fromagère, dont les richesses en matière utile sont assez proches entre brebis et chèvres. C'est ce qui explique que les technologies de fabrication soient voisines, sinon identiques, pour les deux espèces.

Pour mieux comprendre le fonctionnement de ces systèmes d'élevage, dans ces zones que l'on qualifiait de "marginales" ou de "défavorisées", l'INRA, prenant la Corse pour modèle de recherche, décida, en 1979, d'y installer une unité de recherche : le Laboratoire de Recherches sur le Développement de l'Élevage (LRDE), puis de la rattacher au nouveau département de recherche sur les Systèmes agraires et le Développement (SAD). À l'origine, les interrogations étaient surtout légitimées par le constat que les politiques de développement accentuaient le fossé entre types différents d'agriculture. Ce processus de marginalisation de nombreuses zones géographiques semblait condamner certaines formes d'élevage. Autour de l'identification des ressources et de la maîtrise des processus productifs, des travaux ont ainsi été entamés sur les aptitudes des races locales, la gestion du territoire pastoral et les caractéristiques des produits fermiers.

Des recherches pour conserver un patrimoine fromager

Parmi ces produits, les fromages gardaient une place importante, mais leur qualité était inégale. D'un commun accord, représentants des producteurs et chercheurs ont rapidement convenu de l'intérêt d'un travail pour essayer d'y remédier. Des contacts avec des collègues du continent et de la Sardaigne voisine, où existe l'*Istituto Zootecnico e Caseario per la Sardegna*, ont ainsi permis d'effectuer une première campagne de prélèvements et de suivis pour mieux connaître la qualité des matières premières et les technologies mises en oeuvre, particulièrement celles des pâtes molles. Le dépouillement des résultats devait confirmer le sérieux des besoins.

Attentive à cette situation, la direction générale de l'INRA, en la personne de Jacques Poly, demandait en 1982 à Germain Mocquot d'effectuer une mission en Corse avec l'objectif de vérifier l'intérêt de ces questions et de définir quel pourrait être le travail de l'INRA dans ce secteur d'activité. Deux éminents chercheurs en agronomie en France se penchaient ainsi sur la fromagerie insulaire.

Pouvait-elle trouver meilleurs guides ?

Au cours de cette première mission, Germain Mocquot porta une attention soutenue, comme à son habitude, à tous ceux qu'il a pu rencontrer, à leurs pratiques comme à leurs observations. Cette capacité d'écoute et de dialogue a marqué ses interlocuteurs, comme les éleveurs transformateurs. Il devait lui-même être particulièrement sensible à ces contacts simples et directs et retrouver en Méditerranée des situations ou des acteurs qu'il avait déjà rencontrés dans les Alpes des années auparavant.


Germain Mocquot en discussion avec un fromager de Venaco.

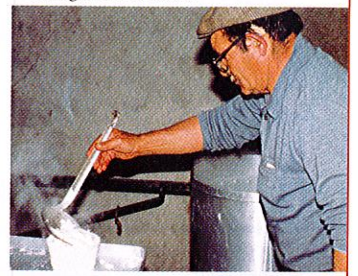
Dans une note à Jacques Poly, jointe à son premier rapport de mission, il met en exergue que la Corse est encore l'un des rares endroits où l'on dispose pour faire du fromage d'une matière première qu'il qualifie d' *"exceptionnelle"* : un *"lait frais, produit sur place, ni chahuté par un long transport, ni "anémié" par une réfrigération excessive et trop prolongée"*. L'utilisation du lait cru, l'absence de pasteurisation sont des facteurs primordiaux pour la typicité des produits, qu'il faut donc encourager. Ce qui le guide dans ses *"suggestions"* pour la recherche et l'expérimentation, c'est *"garder le patrimoine"… Par touches légères, mais bien placées, il faut après une étude soigneuse, apporter des remèdes et proposer des solutions aux "points sensibles" (un refroidissement modéré du lait, des ferments lactiques bien ajustés…, un affinage bien combiné…) sans bousculer les techniques ni détruire les caractéristiques du fromage et du Brocciu.*

On a ici en résumé l'orientation générale de toutes ses interventions ou ses recommandations lors de missions suivantes et de ses rencontres avec les professionnels à l'occasion de réunions diverses. Ou encore lors d'une Journée technique régionale spécialement consacrée, en 1986, aux perspectives de recherches sur la production fromagère en Corse. Ainsi, ses premières suggestions concernent la maîtrise de la qualité du lait, l'étude des présures traditionnelles, encore utilisées par certains transformateurs fermiers, mais aussi l'utilisation de levains lactiques adaptés pour répondre aux attentes des producteurs. Parallèlement, il propose de travailler sur la caractérisation des technologies des fromages traditionnels et du Brocciu, fromage de lactosérum insulaire (voir le texte de G. Mocquot en regard).

« JE NE VAIS PAS VOUS FAIRE UNE "LEÇON DE CHOSES" SUR LE BROCCIU. VOUS CONNAISSEZ CELA MIEUX QUE MOI… JE VOUS AI DÉJÀ ÉCRIT QUE C'EST UN PRODUIT "ADMIRABLE". IL EST UNE DES "PIÈCES MAÎTRESSES" DE LA FROMAGERIE CORSE, JE L'AI DÉGUSTÉ "EN NATURE" JE L'AI MANGÉ AVEC DES PÂTES (CÉRÉALES+PROTÉINES ; QUE PEUT-ON SOUHAITER DE MEILLEUR SUR LE PLAN NUTRIONNEL ? ! … ET EN PLUS, C'EST TRÈS BON…) ; JE M'EN SUIS RÉGALÉ DANS LES "EMBROCIADES" QUE L'ON TROUVE DANS LES PÂTISSERIES D'AJACCIO ET D'AILLEURS. ET FINALEMENT, J'AI TERMINÉ PAR UNE SOUCOUPE PLEINE DE BROCCIU, ARROSÉ D'UNE GOUTTE D'EAU-DE-VIE : VOUS M'EN DIREZ DES NOUVELLES ! JE SOULIGNE, EN TERMINANT, QUE LE BROCCIU, DU FAIT DE L'ADDITION DE LAIT, EST UN PRODUIT ORIGINAL. LE SÉRAC SAVOYARD, LE SERET JURASSIEN, LA RICOTTA SARDE NE RENFERMENT QUE DES PROTÉINES SOLUBLES CAR ILS SONT PRÉPARÉS À PARTIR DE LACTOSÉRUM, SANS ADDITION DE LAIT. »

GERMAIN MOCQUOT, 1983

De haut en bas :
• moulage du Brocciu
• Venaco : soins en cave (retournement)
• fromages Venaco affinés.







Photos : Gérard Grosclaude

Pour en savoir plus

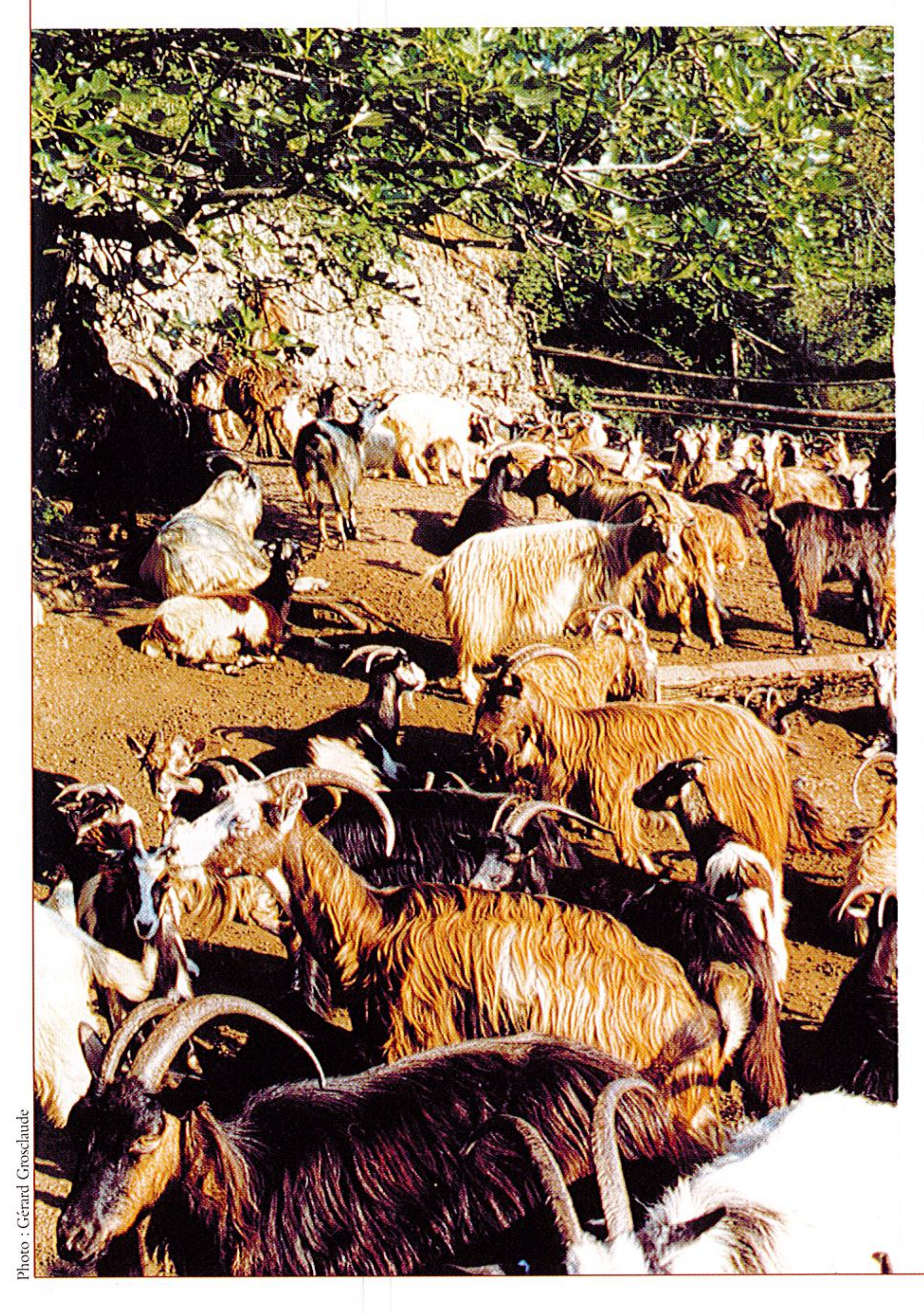
• Prost JA., Casabianca F., Casalta E., Vallerand F., de Sainte Marie Ch., 1994. La certification des produits, un levier pour le développement de l'élevage. La dynamique de l'Appellation d'origine "Brocciu corse". *In* : Qualité et systèmes agraires. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, n°28, 143-156, INRA Éditions.

• Guerrini P., 1994. Approche de la relation qualité de la matière première - qualité du produit fini dans le cas du Brocciu corse. Contribution à la définition du cahier des charges de l'Appellation d'origine contrôlée. Université Pascal Paoli de Corté, Mémoire de DESS "Ressources animales et végétales", 41 p. + annexes.

• Guerrini P., Prost JA., 2001, Mise en place des contrôles dans une Appellation d'origine contrôlée. Le Brocciu corse. *In* : Systèmes agroalimentaires localisés. Terroirs, savoir-faire,innovations. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, n°32 , 51-64, INRA Éditions.

Pour y parvenir, il rappelle souvent une position fondamentale : *"Il ne faut pas se figurer que l'on va faire de la grande biologie moléculaire pour améliorer les fromages de Corse. Il faut, au contraire, se dire qu'il faut utiliser toutes les connaissances que l'on a pour employer des méthodes et les connaissances des techniques aussi simples que possible pour qu'elles puissent être facilement mises en oeuvre, coûter le moins cher possible et donner les meilleurs résultats possibles"*. Ayant identifié des problèmes assez classiques en fromagerie, il suggère donc de former les hommes en charge de suivre ces travaux pour assurer la liaison avec les collègues du secteur de la Technologie laitière de l'INRA.

Si Germain Mocquot a permis cette mise en relation, s'il s'est aussi personnellement investi pour initier les néophytes que nous étions, il aura eu surtout une action primordiale au niveau méthodologique : *"Il y a des résultats d'importance majeure qui peuvent être obtenus avec la mise en oeuvre de moyens techniques simples qui sont déjà très codifiés et qu'il suffit d'adapter et d'utiliser convenablement"*, ajoutait-il. En même temps, il nous apprenait la rigueur et l'humilité que doit conserver le chercheur en toute circonstance.


Photo : Gérard Grosclaude

Recherches actuelles

Des années après sa disparition, les orientations qu'il avait proposées alors restent d'actualité et les travaux se poursuivent avec la même approche.

Sur la **qualité bactériologique du lait**, un certain nombre d'études ont été menées qui ont confirmé l'intérêt et la faisabilité d'un refroidissement modéré de la traite du soir, dont le mode de conservation est important puisque les éleveurs fermiers ne fabriquent le fromage que le lendemain matin à partir du mélange de cette traite de la veille et de celle du matin même. Parallèlement, ont été définies des normes pour le paiement du lait de chèvre à la qualité pour les éleveurs qui apportaient leurs laits à des structures collectives de transformation. L'Interprofession laitière ovine et caprine de Corse, constituée depuis, l'a maintenant mis en place pour le lait de brebis.

D'importants travaux ont été entrepris sur l'**identification et la caractérisation des souches "sauvages" de bactéries lactiques ou de microflores d'affinage** présentes dans les laits et dans les fromages insulaires. En collaboration avec des éleveurs et des laiteries, des expérimentations sont faites sur la mise au point de levains spécifiques à partir de ces souches locales et sur leur capacité à apporter ou maintenir une certaine typicité aux fabrications. À côté d'une meilleure maîtrise des fabrications, l'objectif était d'aider à organiser les producteurs autour de la gestion de ce patrimoine microbiologique, comme dans d'autres régions fromagères. C'est aujourd'hui le cas à travers un Groupement d'intérêt économique (GIE) où sont représentés les différents acteurs de ces filières.

Parallèlement, plusieurs études ont été réalisées ou se poursuivent sur la **caractérisation** des fabrications fermières insulaires. D'abord sur le fromage de Venacu, du nom d'un canton du centre de l'île, pris comme archétype des fromages à pâte molle que l'on peut rencontrer en Corse. D'autres ont suivi et font toujours l'objet de programmes de travail, aussi bien le Cusció, fromage à pâte pressée que l'on fabrique dans le sud, que le Bastelicacciu, autre pâte molle. Autant de travaux qui permettent d'éclairer les atouts mais aussi les enjeux de ces filières.

Brocciu "PASSU" ou sec, affinage 15 à 30 jours - type Sartenais.



Photo : J.M Sorba

Le Brocciu corse

Des recherches importantes concernent le Brocciu et ses conditions de production. Sa définition, comme la mise en place des procédures d'agrément liées à l'AOC [1] dont il bénéficie maintenant depuis 1998, font l'objet d'une thèse menée en partenariat avec le Syndicat Interprofessionnel de Défense et de Promotion de l'AOC Brocciu. Définir et contrôler doivent se faire, en effet, dans la logique de la fidélité à une tradition mais sans chercher à la figer. Cela entraîne un changement d'échelle et un caractère collectif qui obligent à s'intéresser à des questions d'organisation de la production dont les dimensions techniques ne sont jamais absentes. Ainsi, être fidèle, c'est être différent, mais dans le prolongement de cette tradition.

Le Brocciu

Le Brocciu est un fromage fabriqué à partir du lactosérum ("petit lait") de chèvre et/ou de brebis. En effet, le lactosérum, restant après récolte du caillé, contient surtout de l'eau (où du lactose, de l'acide lactique et des sels minéraux sont en solution), mais aussi des matières grasses et des protéines autres que la caséine, que, traditionnellement, les fromagers, particulièrement ceux du Bassin méditerranéen, ont toujours su récupérer par le chauffage (les produits obtenus se nomment ainsi, suivant les régions, Brocciu, Ricotta, Myzithra ou Requesón).
Dans le cas du Brocciu, on ajoute du sel et du lait entier au cours de la fabrication. Ce produit est consommé sous deux formes : en l'état comme un fromage ou bien comme ingrédient de gâteaux, pâtes, soupes traditionnelles de Corse. La production annuelle de Brocciu est de 475 tonnes. Une centaine de tonnes est produite par quelque 100 producteurs fermiers (dont les trois-quarts sont éleveurs de brebis), le reste étant fabriqué par une vingtaine de laiteries, artisanales ou industrielles (source INAO Bastia, campagne 2000-2001).

Plus généralement, l'objectif est d'accompagner les producteurs dans leurs démarches de **certification de la qualité** de ces fromages. Pour nous, cela reste important dans la mesure où la défense des produits peut permettre de conforter les activités d'élevage ovin et caprin et constituer ainsi un des leviers essentiels pour le développement de ces zones difficiles. En orientant nos travaux dans ce sens, nous avons conscience de continuer sur le chemin que nous avait ouvert Germain Mocquot. *"C'est une mission assez exaltante d'assurer la survie et le développement d'un patrimoine fromager qui existe, qui a sa personnalité, mais qui a besoin de se rénover pour demeurer compétitif"*, écrivait-il encore à Jacques Poly en 1983 à propos de la Corse. Cette défense du patrimoine fromager insulaire a, en tout cas, certainement permis de sauvegarder les bases sur lesquelles peuvent aujourd'hui s'appuyer ces certifications.

Jean-Antoine Prost,
Développement de l'Élevage, Corté

[1] L'agrément des produits laitiers d'Appellation d'origine contrôlée repose sur le contrôle des conditions de production et sur des examens analytiques et organoleptiques du produit. Deux commissions, composées de professionnels, sont réglementairement chargées de contrôler ces aspects.

Fromages d'hier et d'aujourd'hui

"Quand le train démarra, Pitois réclama à manger. Sa femme descendit du filet cabas et panier sortit des bouteilles qu'elle plaça à ses pieds et une grande serviette blanche, sentant la lavande, qu'elle étala sur ses genoux et ceux de son mari. Elle prit un gros pain qu'elle coupa en deux et en donna une moitié à l'homme. Elle agissait posément, lentement comme font les gens qui restent près de la Nature. [...] Puis Phémie sortit du panier un camembert et un morceau de beurre jaune d'or, qu'ils étalèrent en couche mince sur leur pain, comme des paysans économes. Un copieux morceau du fromage fut mis en équilibre sur le pain. Et, tous deux, avec la régularité d'une machine, coupaient un morceau de fromage, le piquaient de la pointe de leur couteau, le portaient ainsi à la bouche, entaillaient le pain beurré et, entre le pouce et le couteau le gobaient. Avec le fromage, ils achevèrent leur deuxième bouteille de cidre. La mère Pitois alla chercher sous ses jupes une autre bouteille, de café cette fois".

Le voyage extrait d'Augerons-Contes de Cru d'Auge de Jean Bard.

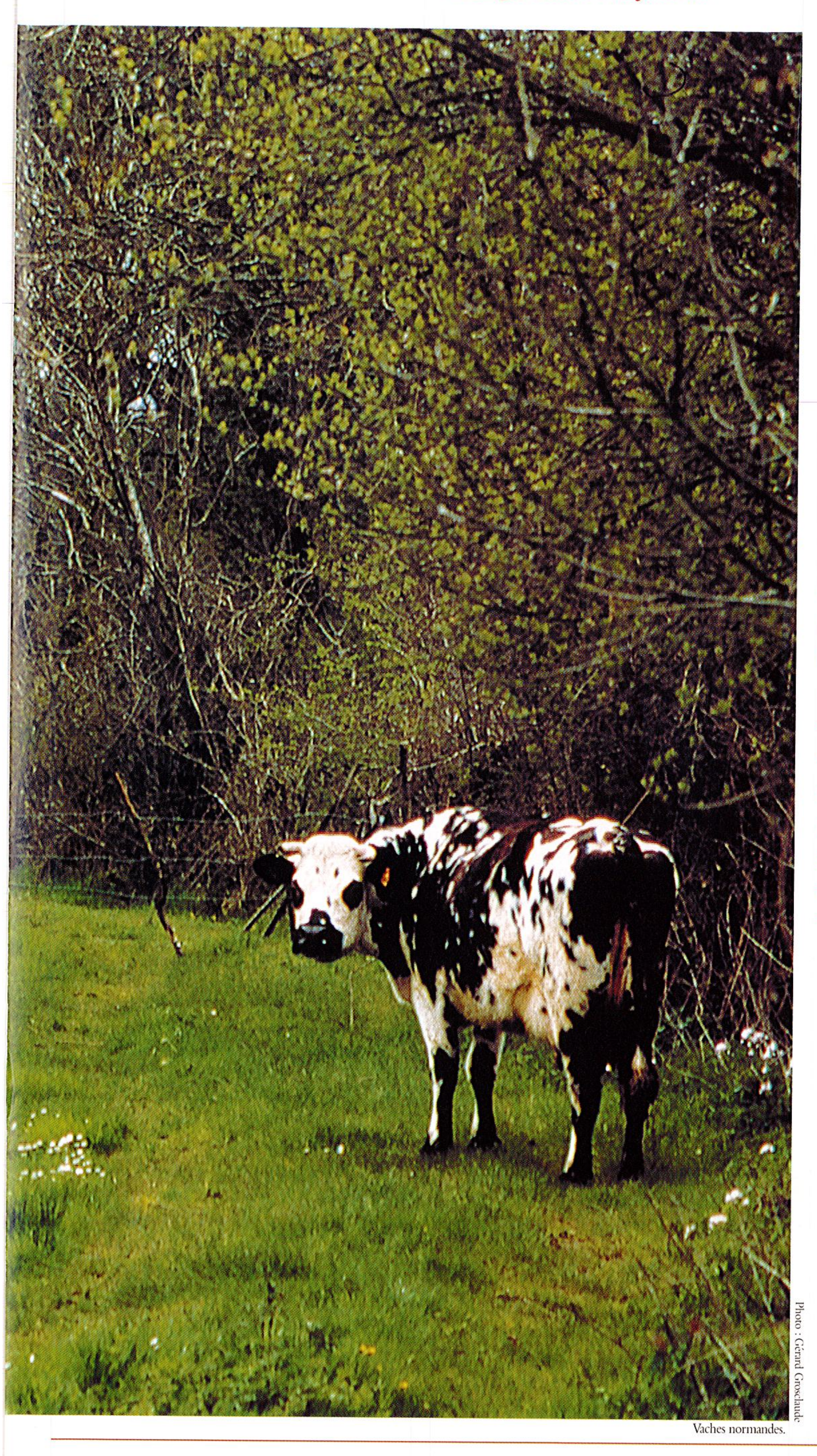


Photo : Gérard Grosclaude

Vaches normandes.

Nous avons pensé qu'il était indispensable de faire figurer un texte de Germain Mocquot paru dans une passionnante revue à thèmes *Culture technique* malheureusement disparue. À la demande de son directeur, Jocelyn de Noblet, l'INRA avait été maître d'œuvre d'un numéro sur les "Technologies agro-alimentaires" paru en 1986, dont est extrait ce texte.

Fromages d'hier et d'aujourd'hui

Basse-Normandie



Haute-Normandie



Les sous-titres sont d'*INRA mensuel*

Dans ce texte qui vient de l'article original de Germain Mocquot, écrit en 1986, nous avons respecté son choix grammatical et nous n'avons pas considéré les noms des fromages comme des noms communs malgré les recommandations du célèbre "Grevisse", comme nous l'avons choisi pour tout le dossier.

Parmi les Français entrés dans leur septième ou huitième décade, un nombre appréciable se remémorent, avec regret, les fromages de leur jeunesse.
Ces regrets sont, selon toute probabilité, justifiés : le marché offrait, jusqu'en 1939, de meilleurs Camembert, pour prendre ce fromage par exemple, que ceux que l'on trouve en 1986.

...

Mais attention ! Encore faut-il qu'elles ne se rappellent pas seulement le bon côté des choses. Il leur faut aussi reconnaître que, sur dix Camembert achetés dans les années vingt ou trente, deux ou trois étaient excellents, d'une qualité incomparable ! Mais parmi les sept ou huit autres qui n'étaient pas excellents, quatre ou cinq étaient quelconques et deux ou trois complètement ratés !

...

Pour tenter d'y voir plus clair et de comprendre comment et pourquoi les "changements intervenus au cours des cinquante dernières années dans l'environnement du Camembert ont entraîné le changement présumé de la qualité du fromage, le plus simple est de comparer la "technologie" du Camembert des années trente à celle des années quatre-vingt.

...

Comment étaient donc obtenus nos Camembert d'il y a cinquante ou soixante ans ?

Tout d'abord, à la fin des années trente, dans les mois qui ont précédé la Seconde Guerre mondiale, les meilleurs Camembert (de même que les meilleurs Pont-Lévêque, les meilleurs Livarot et les meilleurs Brie) étaient produits à la ferme.
C'étaient des Camembert fermiers qui, au printemps de 1939, atteignaient les cours les plus élevés aux Halles de Paris.
C'était le fermier ou la fermière, selon le cas, qui était en charge de la fabrication. La traite faite sur place n'était sans doute pas toujours forcément la plus hygiénique que l'on pût rêver, mais elle se faisait dans un milieu écologique relativement constant et, comme chaque ferme gardait son propre lait, le lait sale de l'une ne risquait pas de contaminer le lait propre de l'autre.
Et surtout, point capital, cette formule réduisait au strict minimum le transport du lait puisque ce dernier n'avait que quelques mètres à parcourir pour passer de l'étable à la laiterie attenante à la ferme [1].
Ensuite, l'étape probablement la plus importante mais aussi la plus délicate consistait à laisser "mûrir" ce lait, ou une partie de ce lait, jusqu'à la traite suivante (mais pas au-delà ! ...) dans des récipients placés au frais, dans la petite laiterie proche de l'étable. La température et la durée de cette "maturation" devaient être choisies de manière à favoriser le développement de la flore bactérienne "utile", celle constituée par les bactéries lactiques naturellement présentes dans le lait, et leur permettre ainsi de prendre le dessus sur d'autres bactéries, "nuisibles" celles-là, telles que les bactéries coliformes, productrices de gaz et génératrices de mauvais goûts.
La création et la préservation de la "niche écologique" que constituait cette petite laiterie étaient le nœud de l'affaire et nous le comprenons bien mieux après que trente années de recherches sur l'écologie microbienne menées en France, principalement par l'INRA, nous aient ouvert de nouveaux horizons sur le sujet.
En fait, la "niche écologique" où s'opérait la sélection microbienne décrite plus haut était fragile : si l'heureux équilibre en faveur des bactéries "utiles" venait à être rompu au profit de leurs adversaires, l'avenir du fromage s'en trouvait compromis.

Équilibre entre flores bactériennes utiles et nuisibles

Si de telles ruptures d'équilibre entre espèces microbiennes se produisaient dans chaque ferme, un certain nombre de fois par an, cela explique en bonne partie les "irrégularités" dans la qualité des fromages dont il a été question plus haut.
Mais, lorsque tout allait bien, on peut penser que la méthode sélectionnait toute une variété de souches lactiques "sauvages" propres à conférer au caillé et au fromage des qualités organoleptiques bien "personnalisées". L'abondance de ces souches "sauvages" avant la généralisation de la pasteurisation en fromagerie, et leur moins grande variété depuis que cette généralisation s'est faite, a été étudiée au cours des années passées par plusieurs auteurs.
Aux stades ultérieurs de la fabrication, plus spécialement celui où le fromage "s'égoutte" dans les moules, la technologie d'il y a 50 ou 60 ans différait

[1] Bien entendu, dès cette époque et même bien antérieurement, les fromageries industrielles ramassaient le lait de nombreuses fermes, dispersées sur une aire géographique déjà étendue. Le ramassage s'est fait d'abord en voitures à cheval, ensuite en camions. Les fromages issus de l'industrie et porteurs de certaines marques avaient acquis une bonne réputation. Mais, si j'insiste sur les fromages fermiers, c'est parce que, encore une fois, c'étaient ceux qui atteignaient aux Halles de Paris les cours les plus élevés et que c'est aussi parmi eux que j'ai dégusté les meilleurs Camembert.

nettement de ce qu'elle est, la plupart du temps, aujourd'hui. Et sur ce point, nous disposons de mesures extrêmement précises, effectuées dans les années trente sur les teneurs en phosphore et calcium de fromages en vente à l'époque, notamment les Camembert. Il en ressort que la "déminéralisation" du Camembert était alors beaucoup plus poussée qu'elle ne l'est aujourd'hui par suite d'une plus grande production d'acide lactique au cours d'un égouttage lui-même plus long. Le fromage qui avait longtemps baigné dans le sérum acide demandait donc aussi un temps d'affinage plus long pour retrouver, grâce à l'activité neutralisante de la flore de surface, un pH qui le rendit propre à la consommation. Ce que nous savons actuellement du rôle de cette flore de surface dans la production de composés aromatiques est un élément qui rejoint assez bien l'idée que l'arôme du Camembert était alors plus développé qu'aujourd'hui.

C'est ainsi que les espèces présentes dans la flore de surface du Camembert de 1930 n'étaient pas les mêmes que dans les années 1980 : la moisissure blanche, qui recouvre aujourd'hui d'un duvet relativement épais et continu toute la surface du fromage, était alors bien plus clairsemée. Mais, pendant le stade de l'affinage, on voyait se développer, sur cette moisissure, de belles taches orangées ou rouge vif qui produisaient un contraste de couleurs éclatant. Les microbes responsables de ces taches rouges (*Bacterium linens*) en conjonction avec la (ou les) moisissure(s), car plusieurs espèces de moisissures étaient sans doute présentes, contribuaient puissamment au développement de l'arôme et à la maturation complète de la pâte interne du fromage.

Dans la même optique, il convient de rappeler le rôle des crémiers détaillants qui avaient pour fonction de commercialiser les fromages. Ils disposaient bien souvent, à Paris notamment, de caves situées sous leurs magasins, dans lesquelles ils "peaufinaient" l'affinage des Camembert, Brie ou autres Pont-l'Évêque qui leur parvenaient. Ce type de commerçants affineurs existe encore et il en subsiste de fort réputés de nos jours. Mais, globalement, leur rôle s'est restreint et il suffit de songer à tous les Camembert vendus dans les "grandes surfaces" pour conclure que le rôle de "finition" et de "perfection" qui leur était dévolu a plus ou moins disparu aujourd'hui.

Les années 80 : un autre mode de production du Camembert

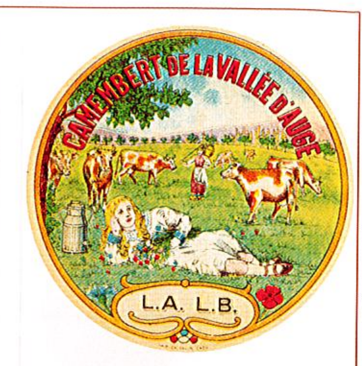
Dressons maintenant le tableau du Camembert tel qu'il est produit dans les années 1980. Presque partout, le lait utilisé dans la fabrication de ce fromage est du lait dit "de grand mélange", produit par de nombreux producteurs, sur un territoire fort étendu. De plus, bien qu'il reste encore quelques coins de Normandie où le lait est trait et ramassé en bidons, dans l'immense majorité des cas, ce lait est réfrigéré dans toutes les fermes à + 4°C, conservé pendant 24, 48 et même 72 heures à la ferme, dans le tank de ferme, et souvent stocké à nouveau à la laiterie pendant 24, 48 et même 72 heures, soit près de 6 jours au total, et toujours à + 4°C, avant d'être réchauffé et -enfin- emprésuré.

L'influence que peuvent avoir, sur la qualité biochimique aussi bien que bactériologique du lait, à la fois ce degré de réfrigération (+ 4°C), cette durée de maintien à basse température ainsi que le transport à longue distance [2] avec l'agitation et la production de mousse qu'il implique, a fait l'objet, au cours des trente dernières années, de centaines d'études, couvrant des milliers de pages, par les auteurs de tous les pays laitiers du monde.

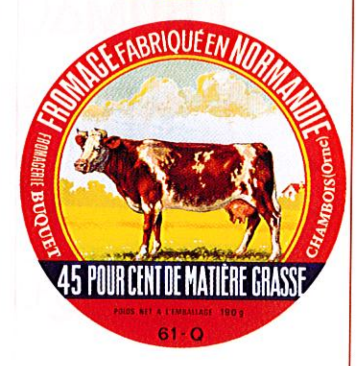
Il serait parfaitement vain et ridicule de prétendre les analyser et encore moins les résumer ici. Mais ces innombrables travaux montrent que la flore du lait ainsi collecté est certainement très différente, quant à la nature des principales espèces bactériennes qui


Photo : Jean Froc

Moulage à la louche du Camembert.











Nous remercions le musée du Camembert de Vimoutiers (Pays d'Auge) de nous avoir offert ses étiquettes. La première vient de la collection de Gérard Grosclaude.

[2] Certaines fromageries transforment aujourd'hui du lait qui est produit sur toute la surface de notre hexagone, de Dunkerque à Bayonne et de Brest à Strasbourg.

la composent, de celle que l'on trouvait dans le lait des fermes normandes en 1920 ou 1930.

Lorsque le lait destiné à la fromagerie possède une population microbienne à la fois trop nombreuse (par exemple au-dessus d'un million de germes microbiens par millilitre de lait) et trop hétérogène (nombreuses bactéries d'origine intestinale telles que les coliformes ou bactéries psychotropes [3] qui, avec leur redoutable arsenal d'enzymes protéolytiques et lipolytiques produisent des odeurs ou saveurs déplaisantes...), on stabilise ce lait par un chauffage de "pasteurisation" ou par un chauffage plus modéré, dit de "thermisation".

En France, ce chauffage représente "le grand remède" à toutes sortes de défauts ou d'accidents dont le lait a pu être la victime lors de sa récolte, de son transport ou au cours de sa conservation.

La pasteurisation, c'est la "niveleuse universelle" ! Grâce à ce chauffage, le lait est débarrassé de la flore trop nombreuse acquise au cours de la traite, de la réfrigération en tanks de ferme, du transport et du stockage dans les réservoirs de la laiterie. Ainsi "stabilisé", il pourra être transformé en fromage selon un horaire bien minuté qui facilite beaucoup l'organisation du travail dans les grandes fromageries industrielles.

Seulement, si la pasteurisation ou la thermisation tuent ou "effraient" les microbes du lait, selon l'expression pittoresque des fromagers américains [4], elles ne détruisent pas les enzymes thermorésistantes des vilains psychrotrophes cités plus haut. Autrement dit, quand le microbe est tué par la pasteurisation, l'enzyme reste et se montre toujours capable de produire odeurs ou goûts déplaisants.

Par contre, d'autres enzymes que la vache elle-même a mises dans son lait sont au contraire fragiles, "thermosensibles", et la somme des actions subtiles et complexes qu'elles exerçaient dans le fromage de lait cru (non pasteurisé) va disparaître ou se trouver atténuée dans le fromage pasteurisé. Ce sont pourtant ces enzymes qui, avec d'autres, produites par les micro-organismes du fromage (ceux de la flore de surface notamment), contribuent à la plénitude de l'arôme et du "fruité" du fromage.

Une comparaison entre fromage pasteurisé ou thermisé et fromage au lait cru montre que les premiers sont plus uniformes mais que les seconds possèdent une plénitude de goût et d'arôme supérieure.

De telles comparaisons ont été faites dans bien d'autres pays que la France : aux États-Unis par exemple, on a comparé, dans les années cinquante, les Cheddar de lait cru avec les Cheddar pasteurisés ou thermisés. Les qualités organoleptiques, surtout le goût et la flaveur, étaient bien meilleures chez les Cheddar de lait cru. En outre, les examens biochimiques, portant notamment sur la libération des acides aminés, confirmaient qu'à âge égal, la teneur des Cheddar de lait cru en acides aminés libres était supérieure à celle des fromages pasteurisés.

La biochimie confirmait la dégustation.

Un fromage pasteurisé est-il pour autant un mauvais fromage ? Pas le moins du monde et une grande majorité de consommateurs s'en accommodent fort bien.

Revenons au Camembert et aux bactéries lactiques avec lesquelles le lait pasteurisé doit, de toute nécessité, être inoculé. Il y a belle lurette que ce ne sont plus les souches "sauvages" des fermes normandes de 1920 qui occupent le terrain. La "niche écologique" dans laquelle se développait cette flore lactique a "volé en éclat" ! Il a fallu inoculer une flore lactique préparée, non sur place, mais dans des laboratoires français ou étrangers. Aujourd'hui, ce sont probablement quelques douzaines de souches des mêmes bactéries lactiques que l'on inocule aussi bien dans les laits de Nouvelle-Zélande que dans ceux du Canada ou d'Europe, Normandie et Bretagne incluses.

Ces cultures ont apporté de réelles facilités de travail aux fromagers des grandes fromageries industrielles (bien qu'elles donnent encore beaucoup de fil à retordre aux biologistes et généticiens modernes).

En faisant la somme des deux étapes précédentes, pasteurisation-thermisation et levain lactique standard, on aboutit, dans le meilleur des cas, à un produit "sans faute" (c'est déjà quelque chose...) mais uniforme et ne possédant qu'un arôme assez peu développé.

En ce qui concerne la technologie de fabrication proprement dite, la "déminéralisation" en calcium et phosphore observée en 1930 est beaucoup moins poussée chez les Camembert de 1980. C'est peut-être avantageux sur le plan nutritionnel mais cela modifie la texture du fromage (son élasticité) et surtout cela modifie, en les atténuant, son odeur et son goût.

En outre, le Camembert pasteurisé 1980 [5] est recouvert d'un confortable feutrage de moisissure blanche sur lequel on n'aperçoit pratiquement plus les taches rouges-orangées du *Bacterium Linens*, confirmant que la participation de ce

Collection de Gérard Grosclaude.

Collection du Musée du Camembert de Vimoutiers (Pays d'Auge).

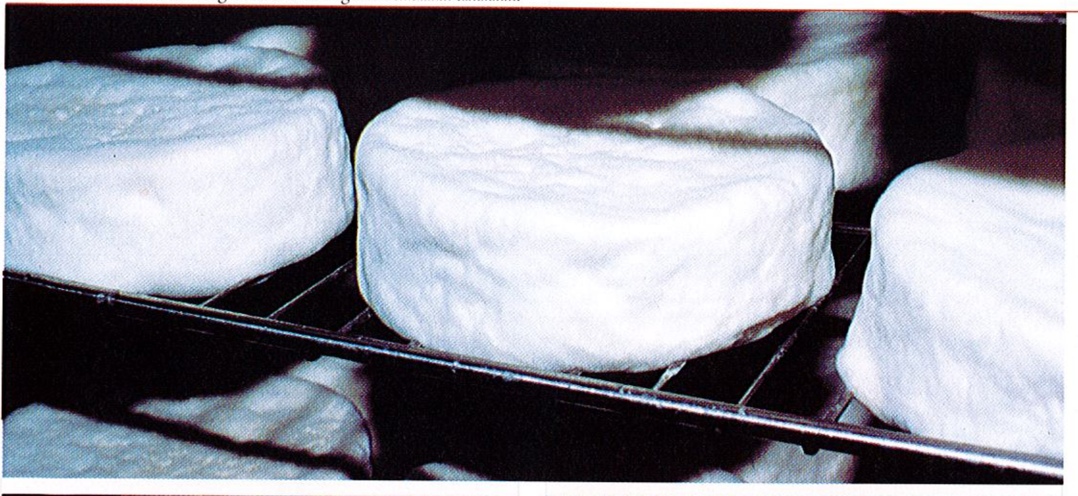
[3] Capables de se développer aux températures de réfrigération.

[4] To scare the milk.

[5] Tous les Camembert de 1980 ne sont pas fabriqués avec du lait pasteurisé. Une certaine quantité est préparée à partir du lait cru et égouttée en moules traditionnels. Mais presque tous les fromages de ce type qu'il m'ait été donné d'observer présentent, dans la pâte, une multitude de petits trous, chacun ayant la grosseur d'une tête d'épingle vraisemblablement dus à la prolifération de bactéries productrices de gaz à un stade ou à un autre de la fabrication. Or, ces bactéries sont toujours un peu suspectes sur le plan du goût et de la saveur qu'elles confèrent au fromage. Les meilleurs Camembert de 1930 présentaient à la coupe une surface lisse, sans le moindre trou (ni petit, ni gros...). Quelle peut être la raison de cette différence ? Je n'ai pas d'explication satisfaisante à fournir.

D'après *Culture technique* n°16, 3e trimestre 1996, 392 pages.

Camembert en cours d'affinage avec son feutrage de *Penicillium candidum*.



Herbes pour cercler le Livarot. (*Typha latifolia* famille des Typhacées).



Photos : Gérard Grosclaude

Pont-l'Évêque.



Livarot.



Collection de Gérard Grosclaude.

micro-organisme à l'arôme du Camembert n'existe pratiquement plus.

...

Dans cet exposé, il a été essentiellement question du Camembert. Mais, à de petites variantes près, on pourrait l'appliquer à d'autres fromages à pâte molle : Brie, Pont-l'Évêque, Livarot...

Et que conclure de tout cela ?

Qu'il existe sur le plan organoleptique une différence entre les fromages à pâte molle traditionnels "sur mesure", obtenus à partir de lait cru et les fromages de "grande série" au lait pasteurisé.

Ceci nous paraît assez bien démontré par l'examen critique des technologies qui apporte -comme nous l'espérions en commençant- de bons "éléments d'explication".

Le lecteur posera peut-être encore une autre question : serait-il possible de retrouver le fromage traditionnel -je veux dire le Camembert- tel qu'il existait voici cinquante ans ?

Répondre par la négative à l'époque des biotechnologies, du TGV, des satellites et autres fusées, risque de vous faire passer, soit pour un petit rigolo, soit plus vraisemblablement pour un attardé ou un demeuré. Nous répondrons donc que ce serait théoriquement possible mais en ajoutant que ce ne serait pas commode : toute une structure humaine, sociale et industrielle serait à réorganiser. Est-ce que les "regrets" des septuagénaires ou octogénaires seront capables d'exercer la pression suffisante ? je pose la question et me garderai d'y répondre.

Enfin, je termine en rappelant qu'il reste en France, bien vivants, d'autres fromages, parmi les pâtes persillées et les pâtes cuites notamment, que les fabricants ont depuis longtemps pris la résolution de garder dans ce qu'ils avaient de meilleur et de n'introduire des modifications techniques qu'après avoir rigoureusement vérifié que la qualité du produit demeurait intacte.

Souhaitons qu'ils trouvent auprès des consommateurs le soutien et l'appui nécessaires à la poursuite de leur noble tâche.

Germain Mocquot

Signes de qualité et qualité des signes : une application au marché du Camembert

Les consommateurs sont confrontés à une multiplication des signes de qualité sur les produits alimentaires. Un même bien peut ainsi être le support de plusieurs signaux : un label officiel et une marque privée de réputation nationale, par exemple. Comment ce chevauchement de signes affecte-t-il la valorisation de chacun ? Le Camembert nous permet d'illustrer notre propos : ce produit peut bénéficier ou non d'une appellation d'origine contrôlée (AOC) et être vendu sous marque de fabricant ou sous marque de distributeur. Nous montrons que la valorisation des signaux de qualité obéit au principe des rendements décroissants.

Daniel Hassan, Sylvette Monier-Dilhan
Économie et Sociologie rurales, BP 27, Auzeville
31326 Castanet Tolosan cedex

L'article est paru dans les *Cahiers d'Économie et Sociologie rurales*, n°65, 4e trimestre 2002.



Quel avenir pour les fromages au lait cru ?



Photo : Eric Faivre

Crémerie (Paris, rue St Martin).

Les médias se font régulièrement l'écho de cas de listériose attribués à la consommation de fromages, insistant sur le fait qu'ils sont fabriqués à partir de laits crus. Ces informations - justifiées ou non - contribuent à donner de ces produits une image très négative ; et ce, d'autant plus qu'elles se situent dans un contexte déjà exacerbé par les divers problèmes d'alimentation animale que nous avons tous en mémoire.

Poussés par les exigences de plus en plus pressantes émanant du consommateur (ou présentées comme telles), transformateurs et distributeurs de l'agro-alimentaire mettent en avant les notions de sécurité alimentaire et de traçabilité, notions qui sont devenues des arguments de vente.

Parallèlement, ce même consommateur est demandeur de produits "naturels", "authentiques", "traditionnels", "au goût d'autrefois", aux qualités organoleptiques affirmées et diversifiées.

Une enquête réalisée par le Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (CNIEL) montre d'ailleurs que si, pour 80% des personnes interrogées, les avantages perçus des fromages au lait cru sont essentiellement organoleptiques, l'inconvénient majeur reste le risque sanitaire qu'ils présentent, pour un tiers des personnes interrogées (source : enquête CREDOC-INC, février 2001).

Ces deux réactions sont-elles antinomiques ? Les fromages au lait cru présentent-ils un risque tel qu'il justifie leur suppression ? À l'inverse, sont-ils un atout économique et culturel si important qu'ils méritent que l'on se mobilise pour les conserver ? Est-ce irréaliste de vouloir les maintenir ? Bref, ces fromages ont-ils un avenir, et si oui, à quelles conditions ?

Quel avenir pour les fromages au lait cru ?



Crémerie, (Paris, rue des Fossés-St Jacques).

Que représentent les fromages au lait cru ?

Un fromage est dit "au lait cru" lorsque le lait n'a subi aucun traitement thermique - pasteurisation ou thermisation [1] – avant sa mise en fabrication. Ultérieurement, lors des premières étapes du processus technologique, ce lait sera obligatoirement réchauffé (à une température inférieure à 40°C) pour favoriser les actions conjointes des ferments lactiques et de la présure nécessaires à son acidification et à sa coagulation. C'est la température maximale à laquelle le lait, le coagulum [2] puis le caillé [3] seront soumis, hormis pour les fromages à pâte pressée mi-cuite ou cuite dont les "grains de caillé" seront portés respectivement à des températures inférieures à 53°C ou comprises entre 53 et 55°C pendant quelques dizaines de minutes. Un fromage à pâte cuite peut donc être fabriqué à partir de lait cru ; c'est par exemple le cas du Comté.

La production totale de fromages fermiers et laitiers français, qui représente 25% de la production européenne, s'élève à 1 812 000 tonnes (source : Eurostat, année 2001). Plus de 200 000 tonnes, soit environ 11%, sont fabriquées au lait cru, de vache à 93%. Ils se répartissent ainsi : 35% sont des fromages frais, 27% des fromages à pâte molle, 20% des fromages à pâte pressée cuite, 13,5% des fromages à pâte pressée non cuite, le reste concernant notamment des fromages à pâte persillée et des fromages fondus (source : ONILAIT–SCEES, année 2001). À titre comparatif, ces 200 000 tonnes représentent les deux-tiers de la production danoise ou espagnole, et la quasi-totalité de la production grecque.

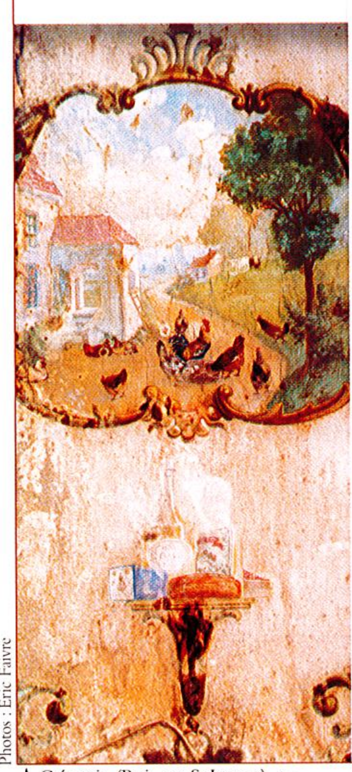
Parallèlement, la part des fromages à appellation d'origine (16,25% de la production totale des fromages affinés en 2000, avec une progression de + 25% en dix ans) s'élève à 186 800 tonnes dont 140 000 correspondent à des fabrications au lait cru. Autrement dit, la majorité des fromages au lait cru français (environ 70%) sont des produits bénéficiant de l'Appellation d'origine protégée (AOP). Cette remarque est d'importance.

Précisons enfin que sur les 23,7 kg de fromage que consomme annuellement, en moyenne, chaque Français (situant ainsi notre pays au deuxième rang mondial derrière la Grèce avec 25 kg/ha/an), plus de 3 kg concernent des fabrications au lait cru. À titre comparatif, la consommation en kg par habi-

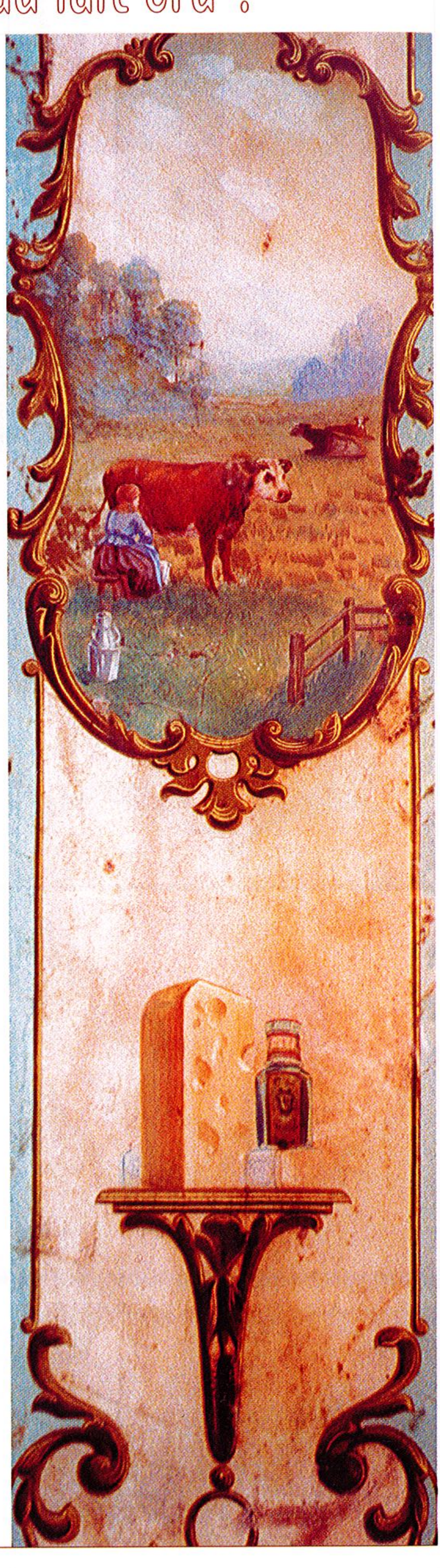
[1] Traitements thermiques plus doux que la pasteurisation : 60°C pendant quelques secondes, par exemple.

[2] Lait coagulé.

[3] Lait coagulé et égoutté, c'est-à-dire séparé du lactosérum.



Photos : Eric Faivre



▲ Crémerie, (Paris, rue St Jacques). ►

tant et par an est de : 18,5 pour les Hollandais ; 14,4 pour les Américains ; 8,9 pour les Britanniques ; 7,2 pour les Australiens ; 2,4 pour les Japonais (source : FAO – Eurostat, année 1999).

Que reproche-t-on aux fromages au lait cru ?

La critique majeure faite aux fromages au lait cru concerne l'insécurité accrue au plan microbiologique, avec, par voie de conséquence, un risque potentiel pour la santé du consommateur.

Ce reproche peut paraître d'autant plus justifié que la population dite "à risque" a tendance à augmenter sous l'influence de plusieurs facteurs : vieillissement de la population, affaiblissement des défenses immunitaires dont sont responsables des maladies ou des traitements médicamenteux, difficultés thérapeutiques liées à un accroissement des antibiorésistances...

Les microflores potentiellement pathogènes susceptibles de se développer dans ou sur les fromages proviennent soit du lait mis en œuvre, soit de "post-contaminations" c'est-à-dire de contaminations survenant au cours de l'affinage.

Dans le premier cas, il est incontestable que l'absence de traitement thermique "épurateur" de la matière première "lait" fragilise ces produits et rend leur maîtrise délicate, tout spécialement pour les fromages à durée d'affinage courte. Il est donc primordial de tout mettre en œuvre pour que la qualité du lait soit irréprochable. Nous reviendrons plus loin sur cette notion.

Dans le second cas, la distinction se fait beaucoup moins entre fromages au lait cru et au lait pasteurisé qu'entre fromages nécessitant ou non des soins de croûte en cours d'affinage. Ceux qui, de ce point de vue, demandent le plus de vigilance sont, à n'en pas douter, les fromages à pâte molle et à croûte lavée : Munster, Époisses, Langres, Livarot...

Un autre reproche, de nature toute différente, est relatif à un manque de régularité de qualité organoleptique, cette fois, dû à l'absence de "standardisation" de la matière première par la pasteurisation, à la variabilité de la microflore sauvage et à l'emploi de laits de petit mélange (fabrications fermières). Cette irrégularité conduit parfois à un mauvais rapport qualité - prix.

Un fromage au lait cru, souvent à appellation d'origine, exige un lait rigoureusement sélectionné et une attention beaucoup plus soutenue de la part du fromager. Il nécessite la plupart du temps davantage de soins en cave, une commercialisation moins précoce, une main-d'œuvre plus importante. Son prix plus élevé se justifie donc. Le consommateur est prêt à l'accepter en contre-partie d'une garantie de qualité. Or, le fromager est confronté à un problème extrêmement complexe : maîtriser un produit fini en partant d'une matière première qu'il ne peut dominer par définition.

Bactériophages de streptocoques lactiques mésophiles.

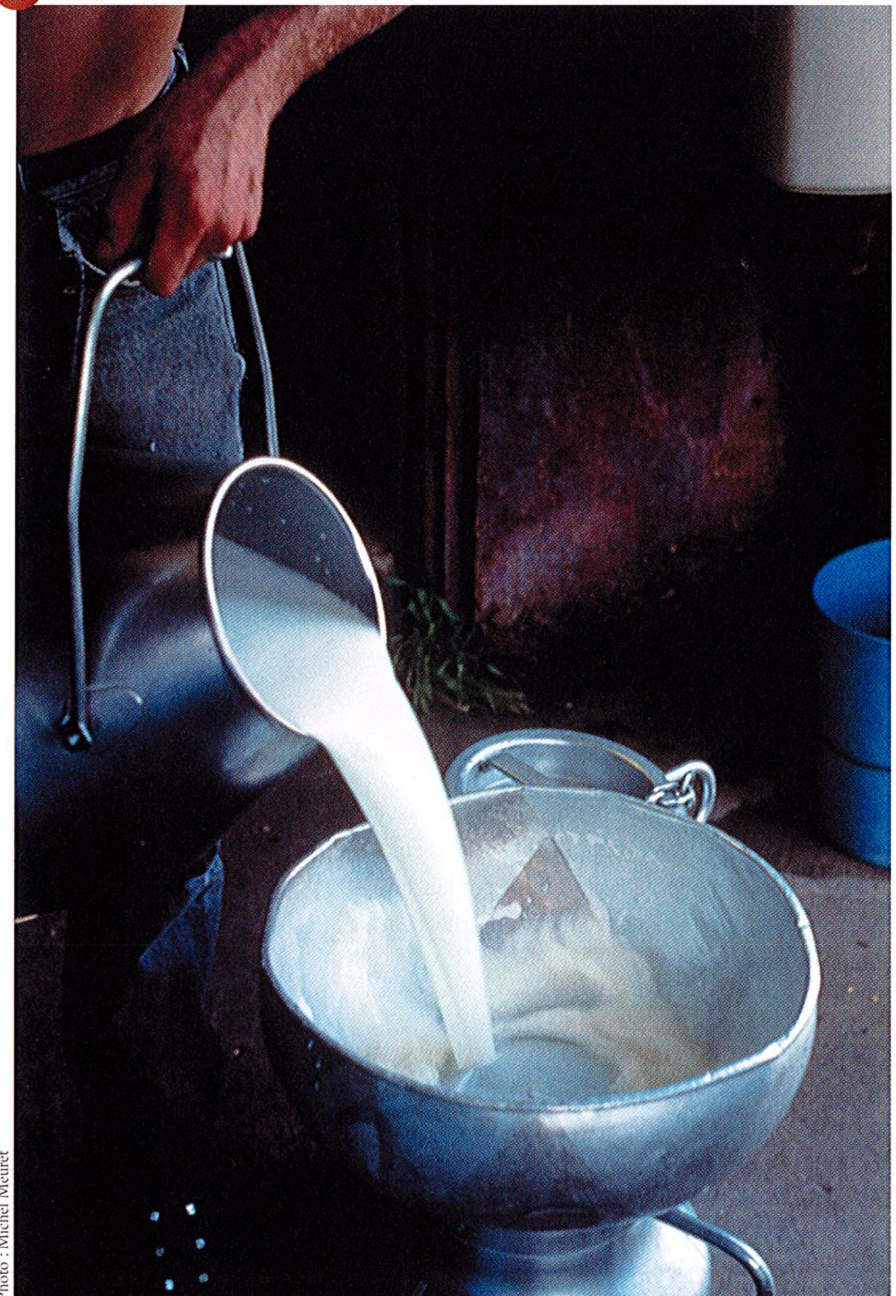
Photo : M. Rousseau

La parole aux défenseurs

Les défenseurs des fromages au lait cru se situent sur un autre plan.

La transformation du lait en fromage est, historiquement, un mode de conservation du lait. Pendant des siècles, de manière empirique, ignorant tout, jusqu'à l'existence même des "microbes", les hommes ont mis à profit l'activité des micro-organismes présents "naturellement" à l'état sauvage dans le lait, pour fabriquer les nombreuses variétés fromagères que nous connaissons.

La pasteurisation, inventée au XIX[e] siècle, n'a été appliquée que tardivement à la fromagerie. Elle est allée de pair avec l'industrialisation. Il n'est pas question de nier l'intérêt de cette "niveleuse universelle" pas plus que de dénigrer les fabrications au lait pasteurisé. Leur régularité n'est plus à démontrer et leurs qualités organoleptiques s'améliorent de jour en jour. Mais, à côté de ces produits standard, il y a place pour des fabrications qui pérennisent un savoir-faire ancestral, permettent de respecter des particularités technologiques et qui représentent souvent le haut de gamme en matière de qualité organoleptique. C'est vrai tout particulièrement pour les fabrications au lait cru qui bénéficient de l'appellation d'origine (plus des deux-tiers) et qui, à ce titre, doivent faire référence.


Photo : Michel Meuret

Un chevrier filtre son lait après la traite avant de le transformer en fromages picodons.

Les fabrications artisanales et fermières sur lesquelles peuvent et doivent, à mon sens, continuer de s'appuyer les technologies traditionnelles laitières, prennent alors toute leur importance. Le terroir associe plusieurs composantes dont l'objectif est de conférer au fromage sa typicité : le milieu physique (végétation pâturée, sol, climat…), l'homme (savoir-faire du producteur de lait comme du fromager), l'animal (alimentation, race), les micro-organismes (voir plus haut le texte de Jean-Baptiste Coulon).

Il est unanimement reconnu que les fromages au lait cru présentent une diversité, une richesse floristique inégalée. Nous avons signalé plus haut l'absence de régularité ; mais la diversité des caractéristiques aromatiques et leur renforcement sont aussi à rechercher et à valoriser. En ce sens, la variabilité est une qualité.

Quelques mois avant qu'il ne nous quitte, Germain Mocquot, fervent défenseur des fromages au lait cru, écrivait ceci :

"Bien sûr, l'industrie laitière et surtout sa publicité, affirme depuis longtemps que le goût des consommateurs change et qu'ils préfèrent "a cheese with a mildflavour". Dans le monde médiatique et plein de mensonges dans lequel nous sommes contraints de vivre, ce mensonge-là m'a toujours paru l'un des plus "hénaurmes", comme aurait écrit le brave Flaubert, il y a plus d'un siècle.

Toutes les observations que j'ai pu faire, dans ma famille, chez mes amis (en particulier chez mes amis fromagers…) montrent qu'un fromage à l'arôme développé est un régal, un produit délicieux et que les convives à qui l'on offre un tel fromage viennent à bout d'un beau morceau de Gruyère ou d'un excellent Pont l'Évêque, placés sur la table, deux fois plus vite, en moyenne, que si on leur présente un fromage sans défaut mais sans beaucoup d'arôme ! Ceci se vérifie pour tous les fromages (Cheddar, Roquefort, Grana Parmigiano-Reggiano…).

La soi-disant préférence de la clientèle pour un fromage à arôme peu développé n'est donc, selon moi, je le répète, que pur mensonge des industriels fromagers qui, ne parvenant pas à obtenir un fromage avec arôme bien développé, essaient de faire croire que les fromages sans arôme sont meilleurs que les autres !"

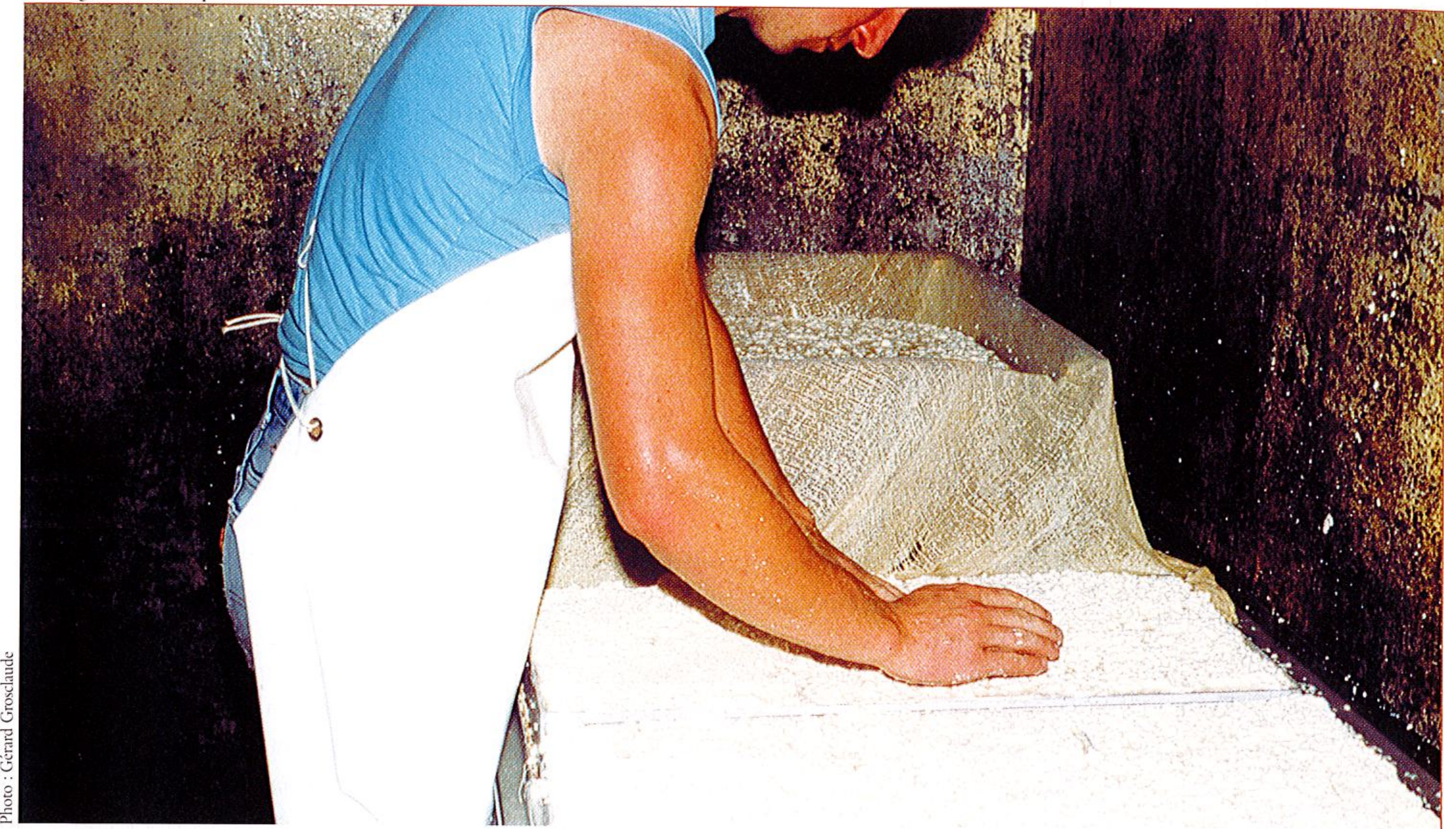
Deux ans plus tôt, en 1986, Germain Mocquot notait :

"Une comparaison entre fromage pasteurisé ou thermisé et fromage au lait cru montre que les premiers sont plus uniformes mais que les seconds possèdent une plénitude de goût et d'arôme supérieure. … En faisant la somme des deux étapes : pasteurisation-thermisation et levain lactique standard, on aboutit, dans le meilleur des cas, à un produit "sans faute (c'est déjà quelque chose…) mais uniforme et ne possédant qu'un arôme assez peu développé" …

(On trouvera l'intégralité du texte plus haut dans le n°16 de *Culture technique* de l'INRA, consacré aux technologies agro-alimentaires).

À ce propos et pour renforcer ce point de vue, il me paraît très révélateur de livrer à la réflexion du lecteur la constatation suivante : au laboratoire, nous avons entrepris depuis une dizaine d'années une étude sur la microflore des lactocoques (bactéries lactiques anciennement dénommées streptocoques lactiques) des laits normands destinés à être transformés en Camembert au lait cru. Si nous avons mis en évidence une grande biodiversité et des différences entre bassins laitiers et entre exploitations, nous n'avons, à ce jour, isolé aucune souche ayant, phénotypiquement, les caractéristiques d'un *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* (autrefois *Streptococcus cremoris*). Ceci confirme les observations de chercheurs français ou américains. Les souches de cette sous-espè-

Moulage du Pont-l'Évêque.


Photo : Gérard Grosclaude

ce, beaucoup plus fragiles que celles de *L.lactis* subsp. *lactis* (anc. *Streptococcus lactis*) tendent à disparaître. La défense des fromages au lait cru doit intégrer cette dimension de sauvegarde d'un patrimoine microbiologique.

L'aspect socio-économique ne doit pas être occulté. L'industrie laitière, à laquelle doivent être associées les nombreuses fabrications fermières et artisanales est traditionnellement souvent située dans des zones de montagne et/ou peu propices à l'implantation d'autres secteurs d'activité industrielle.

Paradoxalement peut-être, enfin, l'ingestion de flores microbiennes composites par la consommation régulière de produits crus de qualité (dont les fromages) contribue à entretenir, face aux pathogènes, une compétition bénéfique pour notre microflore gastro-intestinale.

Doit-on opposer les aspects hygiéniques et hédoniques ?

La mise en fabrication du lait cru est-elle incompatible avec le respect des règles de sécurité alimentaire ? La stricte application des règles d'hygiène est-elle compatible avec les fabrications qui ont du goût ? Telles sont les deux questions que nous devons nous poser et auxquelles seules des réponses négatives permettraient d'entrevoir un avenir pour les fromages au lait cru.

- La mise en fabrication du lait cru est-elle incompatible avec le respect des règles de sécurité alimentaire ?

Un lait non pasteurisé est susceptible d'abriter des micro-organismes pathogènes, c'est une évidence. Le véritable enjeu est de savoir quel risque encourt le consommateur de fromage dans la mesure où la présence de *Listeria monocytogenes*, pour prendre cet exemple, conduit très rarement à une listériose. De nombreux paramètres sont alors à considérer, qui tiennent compte :

- de la contamination initiale de la matière première "lait" (fréquence et niveau de contaminations)
- de l'identité des contaminants (dont le degré de virulence au sein d'une espèce potentiellement pathogène dépend de la souche concernée)
- de leur évolution dans le fromage (fonction de la technologie mise en œuvre et des conditions d'affinage)
- de la sensibilité de l'hôte (âge, état de santé...).

Concernant la contamination du lait, les résultats rapportés dans la littérature varient considérablement ; ce qui n'est pas pour nous surprendre étant donné la diversité des modes d'échantillonnages (lait récolté juste après la traite, lait réfrigéré d'une traite, de deux traites ou plus, lait avant transformation...). Si l'on s'intéresse aux laits crus de classe A (charge globale inférieure à 100 000 germes par ml) prélevés dans les tanks de réfrigération à la ferme, on peut admettre que la fréquence de contamination en salmonelles ou en *Listeria monocytogenes* est inférieure à 5%, avec des niveaux de contamination faibles (infé-


Photo : Gérard Grosclaude

Décaillage du Parmesan.

rieurs à 1 ufc [4] par ml), leur détection nécessitant la mise en œuvre de procédures d'enrichissement.

Les résultats d'une étude que nous avons menée de janvier à août 1992 sur des laits de Basse-Normandie de classe super A (moins de 50 000 germes totaux par ml et moins de 250 000 cellules somatiques par ml) ont montré des fréquences inférieures à 3% pour les salmonelles, à 5% pour *L. monocytogenes* ; des teneurs en *Escherichia coli* inférieures à 1 ufc/ml dans 30% des échantillons et à 2,5 ufc/ml en moyenne dans 70% des cas ; une contamination en *Staphylococcus aureus* inférieure à 100 ufc/ml pour 10% des laits, et en moyenne à 200 ufc/ml pour 90% d'entre eux.

Soulignons que le transformateur sélectionne les laits qu'il destine aux fabrications au lait cru selon deux critères :

• le premier est la charge globale en germes, qui devra être la plus basse possible. À titre d'exemple, le lait destiné à être transformé en Camembert de Normandie renferme très régulièrement autour de 10 000 germes par ml ; ce qui sous-entend une application très stricte des règles d'hygiène de la part du producteur et une mise en transformation rapide,

• le deuxième critère est l'absence de détection de *Listeria monocytogenes*, voire, ce qui est beaucoup plus sévère, du genre *Listeria*.



[4] Unité formant colonie.

[5] Appellation d'origine protégée (Europe).

De plus, la mise en place en 1993 du plan de surveillance de la contamination des aliments par *L. monocytogenes*, a permis de constater une amélioration très sensible pour les fromages à pâte molle au lait cru. En effet, entre 1993 et 2001, le pourcentage d'échantillons positifs est passé de 16 à 1 pour les fromages à croûte fleurie, et de 12 à 5 pour ceux à croûte lavée.

La tendance actuelle des transformateurs est d'ailleurs de renforcer la sélection et de devancer la réglementation. C'est ainsi que le Syndicat normand des fabricants de Camembert (SNFC) comme d'autres syndicats de défense fromagers, a mis en place un paiement du "lait AOP" [5] qui prend en compte l'absence de *Listeria* et *Salmonella* sp. Et un seuil maximal acceptable très bas pour *E. coli* et *S. aureus*.

Les normes de mise sur le marché actuellement en vigueur tiennent compte des spécificités liées à la matière première. Laits crus et thermisés sont considérés de la même façon. Comparativement aux normes applicables aux mêmes types de fromages, mais pasteurisés, la réglementation, identique pour l'absence de *Listeria monocytogenes* et de *Salmonella* (généralement dans 25 g), diffère pour *Staphylococcus aureus* et pour *Escherichia coli* (dont les tolérances sont en général respectivement 10 et 100 fois supérieures).

Parlons aussi d'un double paradoxe :

• Il n'y a jamais eu autant de contrôles effectués par des organismes officiels ou, à leur demande, par les fromagers eux-mêmes (autocontrôles). Le consommateur n'a donc jamais été aussi bien protégé, alors que l'amplification d'incidents réels tend à lui donner l'impression contraire.

• Par ailleurs, les produits laitiers dans leur ensemble, le lait et les fromages en particulier, sont soumis à une réglementation bien plus sévère au plan microbiologique que d'autres produits alimentaires. Par exemple, la recherche de *Listeria monocytogenes*, rendue obligatoire dans ce secteur depuis dix-huit ans, vient seulement d'être généralisée à l'ensemble des aliments (avis AFSSA 14.01.2000 ; Lamy-Dehove - mai 2002). Or, les produits laitiers, responsables de 5% des toxi-infections alimentaires collectives en France, sont largement devancés par les œufs et les ovoproduits (33%), les viandes (19%), les poissons et les fruits de mer (12%) (source : BEH 2000, année 1997).

- La stricte application des règles d'hygiène est-elle compatible avec les fabrications qui ont du goût ?

Il est certain que le respect de ces règles s'est accompagné d'une diminution de la charge des laits de grand mélange en germes microbiens. En trente ans, la teneur moyenne en micro-organismes des laits de grand mélange destinés à être transformés en fromage a chuté d'au moins un facteur 10 ; ce facteur est encore plus accentué lorsqu'il s'agit de laits destinés à des fabrications non traitées thermiquement. Cette tendance irréversible va encore s'amplifier. Est-elle souhaitable ?

On peut en effet s'interroger sur les conséquences qualitatives de la chute de la population microbienne globale du lait à la fois sur les microflores pathogènes et sur les microflores utiles à la transformation,



Photo : Georges Parela

que l'on qualifie parfois de "microflores positives". La diminution d'une véritable compétition entre microflore pathogène et microflore utile pourrait faire craindre une recrudescence des pathogènes dans les laits très peu chargés. Les quelques études effectuées à ce sujet tendent à montrer qu'il n'en est rien hormis peut-être pour *Staphylococcus aureus*.

En ce qui concerne les microflores sauvages susceptibles de jouer un rôle en transformation fromagère -les bactéries lactiques et la microflore dite "d'affinage" constituée de bactéries corynéformes, de staphylocoques, de microcoques, et de levures- leur nombre est relativement proportionnel à la charge microbienne globale du lait excepté pour certaines *Micrococcaceae*. Les fromagers emploient d'ailleurs l'expression imagée de "lait mort" pour exprimer cet état de fait. Dénombrées à des niveaux de quelques dizaines à quelques milliers par millilitre de lait, ces flores microbiennes ont-elles la capacité de se multiplier suffisamment au cours de l'affinage pour pouvoir contribuer efficacement à celui-ci ?

La question posée est de savoir si, dans ces conditions, les fabrications au lait cru peuvent encore se démarquer, d'un point de vue organoleptique, des produits pasteurisés.

Des études ont été entreprises à ce sujet ces dernières années, souvent basées sur des comparaisons microbiologiques, biochimiques, physico-chimiques et sensorielles entre fabrications aux laits cru, pasteurisé, microfiltré.

En comparant, lors de fabrications pilotes de Camembert, des laits de diverses exploitations sélectionnées entre 1993 et 1995, nous avons montré que, bien qu'ayant des aptitudes inégales à la transformation, ces laits dits de haute qualité pouvaient permettre de produire des Camembert au moins aussi bons, voire meilleurs , que ne le permettent des laits plus chargés en germes.

De plus, une recherche conduite en laboratoire en 1998 et 1999 sur l'évolution des lactocoques sauvages du lait cru au cours de la transformation en Camembert a démontré qu'ils se multipliaient jusqu'à atteindre des concentrations supérieures à 10^7 par gramme, et ce, malgré la compétition avec les levains lactocoques apportés massivement dans le lait en début de fabrication. Pour autant, cette incorporation de levains demeure indispensable pour permettre une acidification et donc un égouttage corrects. En effet, la microflore lactique autochtone du lait cru, initialement très minoritaire, nécessite plusieurs jours pour se développer. Ses effets se manifesteront pendant l'affinage si toutefois, la charge initiale des laits en microflores technologiques ne continue pas à décroître.

La mise en œuvre de lait cru ne me paraît donc pas incompatible avec le respect des règles sécuritaires à condition que ce lait ait été rigoureusement sélectionné et que ces règles ne soient pas d'une exigence telle qu'elles ne puissent être appliquées. Si tel était le cas ce serait le signe que des considérations autres que microbiologiques ou hygiéniques auraient prévalu dans l'établissement de ces règles.

Qu'en est-il au plan international ?

Depuis une douzaine d'années, le bien-fondé de l'existence des fromages au lait cru est périodiquement remis en cause.

Les difficultés internationales rencontrées en ce domaine sont, en partie, de nature culturelle. Il est habituel, facile, et en même temps révélateur, de distinguer, voire d'opposer la conception des Européens du nord, partisans du "tout hygiénique", comme le sont aussi les Américains, Canadiens, Australiens, Néo-Zélandais…, à celle des Européens du sud, plus enclins à privilégier l'aspect hédonique. Or, c'est chez ces derniers (Français, mais aussi Grecs, Italiens, Espagnols, Portugais) que l'on trouve une véritable culture fromagère. À eux seuls, ces cinq pays totalisent 95% des fabrications fromagères AOP. Ce n'est pas le fruit du hasard.

Né d'une initiative française en 1991, le "Comité Plénier Fromages" est un groupe de réflexion, de proposition et de mise en œuvre d'actions autour de valeurs liées à la préservation et au développement du patrimoine fromager. Il associe des professionnels d'une dizaine de pays européens, des représentants de syndicats de produits, de l'interprofession, de fédérations, de producteurs, d'organismes de recherche. En décembre 2001 à Bergame (Italie), sa thématique portait sur la "mise en valeur originale des productions fromagères européennes traditionnelles". En mai 2002 à Sainte-Maure-de-Touraine (France), il mettait l'accent sur les enjeux et difficultés du maintien de la production fromagère fermière, et sur les conditions pour assurer l'avenir des fromages traditionnels européens.

L'Union européenne a mis en discussion un projet de directive qui fusionnera toutes les directives vétérinaires concernant l'animal et qui intégrera celles relatives aux produits laitiers. L'entrée des trois derniers membres de l'Union européenne (États de l'Europe du nord) a fait pencher la balance en notre défaveur. On peut espérer que l'entrée de nouveaux membres des pays de l'Est puisse contribuer à rééquilibrer la situation.



Photo : Gérard Grosclaude

Jusqu'à présent, le "Comité Codex pour l'hygiène" s'est refusé à établir des critères microbiologiques. Cette situation ne devrait certainement pas perdurer. Les tendances internationales seraient plutôt d'être laxiste sur la matière première et d'imposer un traitement thermique. La position de l'Association laitière française est tout autre. Son engagement est de fabriquer des produits au lait cru sains ; ce qui ne signifie pas qu'ils doivent nécessairement être soumis aux mêmes critères que les fromages au lait non cru.

Principe de la microfiltration

Classiquement, pour des motifs relevant de l'hygiène, de la conservation ou de la technologie, le lait peut subir un traitement thermique (thermisation, pasteurisation, stérilisation) : selon l'effet bactéricide recherché, on porte le lait à une température plus ou moins élevée, plus ou moins longtemps, mais ce chauffage modifie irréversiblement certains composants du lait, altérant selon l'intensité du chauffage, son goût et son aptitude à la transformation en fromage. La microfiltration est une alternative au chauffage : le lait cru est filtré sur une membrane retenant les micro-organismes et les cellules d'origine mammaire.

La microfiltration est une des applications pour laquelle l'unité de recherche de Technologie laitière de l'INRA (Rennes), dirigée par Jean-Louis Maubois (Brevet MMV en 1969, voir son texte) fait figure de pionnier. Elle a largement contribué à la mise au point de toutes les applications des procédés de filtration au traitement du lait et de ses dérivés, dont :

- le lait "Marguerite" (lait cru frais microfiltré) avec utilisation de membranes ayant un diamètre de pores de 1,4 µm. Commercialisé depuis 1996 en grandes surfaces (chaîne ATAC) dans toute la France par la Coopérative de Villefranche-sur-Saône. Lait microfiltré, crème pasteurisée (75°C, 20 secondes). Conservation 15 jours au froid, soit 5 fois plus longtemps qu'un lait cru,
- le nouveau lait "Ultima" (lait microfiltré longue conservation) non encore commercialisé, avec avis positif de l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) en mars 2002, devrait apparaître sur le marché au premier semestre 2003.

Les voies possibles d'amélioration de la qualité des fromages au lait cru

L'objectif des transformateurs est, comme nous l'avons vu, d'arriver à fabriquer des fromages au lait cru aux caractéristiques microbiologiques irréprochables.

Ces voies d'amélioration de la qualité hygiénique sont en premier lieu axées sur la matière première pour étendre vers l'amont la traçabilité. Renforcement de l'information auprès des producteurs, nouveaux concepts de communication entre producteurs et consommateurs, entre distributeurs et transformateurs, généralisation de réseaux de surveillance, création de syndicats interprofessionnels, limitation de la distance de collecte, sont autant de mesures qui, à terme, doivent porter leurs fruits.

Un certain nombre d'industries ou de coopératives laitières se sont déjà engagées dans une politique de qualification des élevages ; ce qui sous-entend un resserrement des liens tissés entre transformateurs et producteurs. Ces derniers répondent alors à une charte "Assurance Qualité Agri-Confiance" très exigeante qui prend souvent en compte le critère "alimentation" très majoritairement ou exclusivement à base d'herbe. Nul doute que la généralisation de cette application aura aussi des retombées bénéfiques sur les caractéristiques organoleptiques.

La technique de microfiltration (voir l'encart), en particulier la microfiltration "froide", à laquelle ont recours certains industriels fromagers, peut-elle représenter une alternative acceptable ? Cette question en soulève une autre : la définition actuelle du lait cru (conforme à la directive 92/46/CEE du 16 juin 1992) doit-elle être modifiée ?

Le 25 juin 2002, à la demande des pouvoirs publics qui souhaitent prendre un décret visant à mieux définir les fromages, le Conseil national de l'alimentation a émis un avis sur la compatibilité des techniques de microfiltration avec la production de fromages au lait cru. Le Conseil est favorable à une définition rigoureuse du lait cru et propose de retenir une définition la plus proche possible de "lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage ni chauffé à plus de 40°C, ni soumis à un traitement physique ou chimique de nature à réduire ou modifier sa microflore native". Le Conseil estime que "au titre de dispositions transitoires d'adaptation des filières qu'il est possible de prévoir dans le décret "fromage" révisé, des dérogations peuvent être consenties aux opérateurs pour rétablir une parfaite concordance entre les pratiques industrielles et les mentions portées sur les produits. Ces possibilités dérogatoires pourraient être ouvertes pour une durée de 3 ans à compter de la publication du décret et prendre fin au plus tard le 1er janvier 2006. Pour les opérateurs qui voudraient revenir à des usages conformes à la définition du lait cru, le Conseil est favorable à l'emploi pendant cette période de la mention "au lait cru" et "au lait microfiltré" pour les produits issus de la "microfiltration froide" (voir le texte de Jean-Louis Maubois et l'encart).

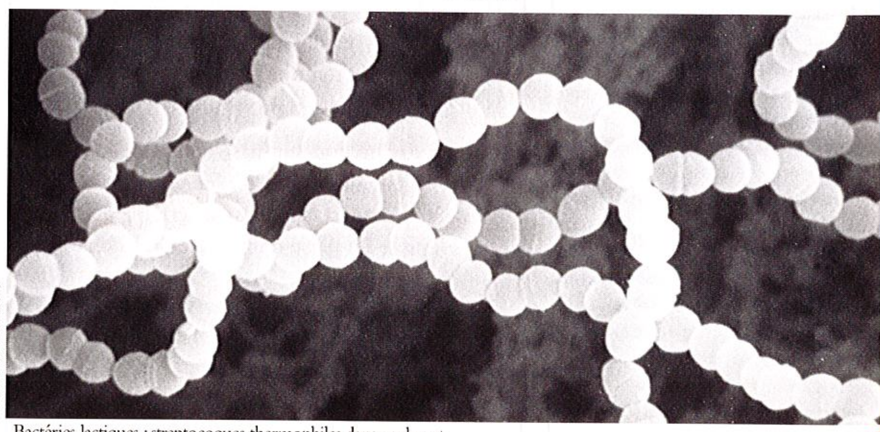
Conjointement à l'amélioration de la matière première "lait", des efforts similaires seront ou doivent être portés sur les produits finis pour renforcer tout à la fois l'aspect sécuritaire (augmentation des auto-contrôles) et leur crédibilité (généralisation de l'évaluation sensorielle, et, pour les AOP, révisions des conditions de production comme de l'aire géographique).

La recherche tient une place prépondérante dans la valorisation du lait cru et des produits au lait cru. En vue d'appuyer et d'étayer les positions françaises dans les négociations internationales, la CNPL (Confédération nationale des producteurs de lait) a clairement manifesté son souhait que soit renforcé l'effort de recherche dans le domaine des méthodes d'analyse, d'identification et de contrôle, afin de mettre en relief la spécificité des produits au lait cru. Si l'on peut déplorer l'absence d'une véritable recherche laitière européenne structurée, les actions concertées "quality and microbiology of traditional and raw milk cheeses" du 4e programme cadre de recherche et de développement technologique (PCRDT) en ont été les prémices. Elles se sont poursuivies, amplifiées et axées principalement sur la sécurité alimentaire dans le programme "quality of life and management of living resources" du 5ème PCRDT qui a débuté en 2000.

À l'initiative du "Comité Plénier Fromages", un groupe de travail européen s'est impliqué depuis 1999 pour donner naissance à un vaste projet de recherche. Celui-ci vise notamment l'étude des effets "santé", sur la réponse du système immunitaire, de la consommation des fromages au lait cru, en s'appuyant sur deux modèles d'étude : un modèle animal et un modèle clinique. Ce projet pourrait s'inscrire dans l'un des sept domaines thématiques prioritaires du 6e PCRD : "qualité et sûreté alimentaires".

C'est l'intérêt de la profession laitière française tout entière de défendre les fromages au lait cru. Leur avenir dépend de la vigilance de la filière, de sa mobilisation, de celle des pouvoirs publics et, surtout, du pouvoir de persuasion de nos représentants auprès des instances internationales. Car, si la qualité du lait doit être exempte de tout reproche, et si l'évaluation du risque s'impose, l'avenir des fromages au lait cru ne se décidera probablement pas sur des critères scientifiques.

Micheline Guéguen
Directeur du laboratoire
de Microbiologie alimentaire USC-INRA
université de Caen Basse-Normandie


Photo : M. Rousseau

Bactéries lactiques : streptocoques thermophiles dans yoghourt.

Germain Mocquot
une vie, des témoignages

Une histoire de la recherche laitière en France

Issu d'une lignée de médecins et de chirurgiens, Germain Mocquot est né à Paris en 1909.
Après de bonnes études au lycée Carnot, il entre à l'Institut national agronomique en 1928 et obtient le diplôme d'Ingénieur agronome en 1930. Attiré par la biologie, il se présente au concours des "Recherches agronomiques" qui, à cette époque, suscitait peu de vocations par suite des faibles perspectives de carrière et de la modestie des traitements attribués à ceux qui y travaillaient.
Tout en suivant la section d'application de la recherche agronomique dans divers laboratoires, il fait une licence ès-sciences et, attiré par la microbiologie, des stages à l'Institut Pasteur. À la fin de ses études en 1934, il est nommé à la station centrale de Pathologie végétale à Versailles. En 1939, il est nommé directeur de la Station pomologique, cidricole et laitière à Caen.
Chef de travaux à la station de Recherches laitières de Poligny, dans le Jura, il en devient directeur en 1942.
Lors de la création de l'INRA, en 1946, les stations de Technologie, dont celle de Poligny, sont regroupées. En 1949, est créée la station centrale de Microbiologie et de Recherches laitières, située tout d'abord à l'INA, rue de l'Arbalète, puis, à partir de 1953, dans des laboratoires nouvellement construits, à Jouy-en-Josas. La direction de cette station est confiée à Germain Mocquot.

Il développa la recherche laitière française, dont il fut le véritable créateur, sur le plan fondamental et sur le plan appliqué, pendant plus de trente ans.
En même temps, il suscitait des élèves qui lui doivent outre leur formation, l'enthousiasme pour la recherche et aussi les moyens de travail qu'il put obtenir pour les mettre à leur disposition.
Il a su définir les objectifs à atteindre, grâce à une profonde connaissance du milieu fromager, de la fabrication artisanale des produits de qualité ainsi que de leur affinage et de leur distribution.
Il parlait souvent, avec émotion, des artisans des fruitières jurassiennes de la région du Comté, dont il avait pu suivre les efforts et étudier les traditions lors des années passées à Poligny.

Des recherches fondamentales et appliquées ont pu être conduites à Jouy-en-Josas ainsi qu'aux laboratoires de Poligny dans le Jura, à Surgères en Charente-Maritime, qui existaient déjà avant la guerre, puis à Rennes, créé en 1966 et à Aurillac, créé en 1972, pour l'étude des fromages d'Auvergne.
Parmi les secteurs abordés, celui concernant la qualité de la matière première, le lait, avait une importance primordiale. Il s'agissait d'obtenir un lait "propre", c'est-à-dire possédant une faible flore bactérienne.
Pour y arriver, toutes les étapes de la production ont été étudiées depuis les types de nourriture apportés aux vaches et la traite jusqu'à l'arrivée à l'usine. L'amélioration des techniques proposée permit d'obtenir des résultats excellents.
L'équipe de Mocquot développa des recherches sur les différentes protéines du lait, sur leur séparation, sous l'effet de la coagulation par la présure, sur leur devenir. Elle fut la première à définir la structure primaire d'une caséine, la caséine s.H bovine dont on a pu montrer le déterminisme héréditaire chez les vaches. Elle étudia les propriétés des micelles de caséine en rapport avec les fabrications fromagères et leurs interactions avec les composants minéraux du lait.
De même, le rendement du lait en fromage a fait l'objet, de la part de Germain Mocquot, d'un travail important, en collaboration avec ses collègues zootechniciens et économistes, dans le but de préciser les possibilités d'améliorer par sélection la production de protéines et de matière grasse chez les races bovines élevées en France.
Un secteur important de recherches a porté sur les procédés de traitement des laits de consommation : pasteurisation, stérilisation, traitement UHT, emballages aseptiques.
De nombreuses autres recherches ont été menées à bien par Germain Mocquot et son équipe, citons : l'utilisation de membranes dans l'industrie laitière, l'ultrafiltration pour la fabrication fromagère, permettant d'accroître le rendement en fromage et de diminuer la consommation de présure, la microbiologie des diverses souches de bactéries lactiques, l'étude des arômes.

Ces travaux ne restèrent pas confidentiels, ils eurent un impact important sur l'évolution de l'industrie laitière. C'est ainsi que la qualité de la matière première, en particulier la teneur en protéines et en matière grasse et ses caractéristiques bactériologiques ont servi de base au paiement du lait à la qualité, après la mise en place d'une série de laboratoires d'analyse par la profession.

Ces travaux personnels ou conduits en équipe firent apprécier Germain Mocquot en France et aussi sur le plan international. Il était estimé et comptait de nombreux amis parmi les chercheurs étrangers de sa spécialité.

Robert Mayer, promotion INA 1929

Extraits d'*Ingénieurs de la vie*, n°408 mai-juillet 1989, à l'occasion du décès de Germain Mocquot, le 19 mars 1989.

BIOGRAPHIE

Rappel de quelques notions élémentaires

Le fromage est un produit fermenté ou non, obtenu par la coagulation du lait, de la crème, du lait écrémé ou de leur mélange, suivie d'un égouttage, et contenant au moins 23 g de matière sèche pour 100 g de produit.
Le fromage peut être considéré comme une forme de conservation des deux principaux composants nutritifs du lait (caséine et matière grasse) ; sa valeur nutritive est élevée : protéines, calcium, phosphore...
Il existe plusieurs centaines de variétés de fromages, qui se différencient :
- d'une part, par la qualité de la matière première utilisée (lait de vache, lait de chèvre ou de brebis, lait entier naturel ou lait enrichi en crème ou en protéines du lactosérum par ultrafiltration, lait concentré ou lait en poudre, lait écrémé, babeurre...)
- d'autre part, par les caractéristiques de fabrication, qui, restant souvent artisanales, varient en fonction des lieux géographiques, des climats, des traditions...

Fabrication

La fabrication traditionnelle du fromage comporte plusieurs phases principales, tout en sachant qu'à chaque type de fromage correspond une technologie particulière.

La **maturation** du lait est la première phase de la fabrication, au cours de laquelle on assiste au développement limité de la microflore naturelle acidifiante du lait, parfois accentué par addition de levains lactiques.
La **coagulation** du lait, ou **caillage**, résulte de la floculation de la caséine par addition d'une enzyme coagulante (la présure en général) ou, plus rarement par abaissement du pH (fermentation lactique, addition d'acide). Le caillé forme un gel de caséine, qui emprisonne une quantité plus ou moins grande de matière grasse, selon le mode de fabrication, et un peu de lactosérum.
Le **décaillage** et l'**égouttage** : la rupture de gel de caséine, provoquée par un travail mécanique plus ou moins intensif, associé ou non à la cuisson, provoque la séparation du caillé et de la majeure partie du lactosérum (synérèse) ; l'acidité lactique favorise cet égouttage.
Le **moulage** ou **mise en moule,** vise à fractionner le caillé et permet d'une part la poursuite de l'égouttage jusqu'à ce que le caillé ait atteint la teneur en eau jugée optimale et d'autre part une dégradation du lactose restant. C'est à cette phase que s'arrête la fabrication des fromages frais.
•••

Un artisan du progrès dans nos fabrications fromagères

TÉMOIGNAGE
par Jean-Louis Maubois*

* Directeur du laboratoire de Recherches de Technologie laitière, Rennes, Jean-Louis Maubois a pris sa retraite en février 2003, il est chargé, par la direction générale d'une mission pour la filière lait au Brésil, en Chine et en Inde.

Voilà 14 années que Germain Mocquot nous a quittés mais son souvenir reste vivace pour tous ceux qui ont eu l'insigne chance d'être éduqué par lui et de travailler avec lui à construire la Recherche Laitière Française. Il a été et il reste un de ces rares hommes d'exception, capables aussi bien de dynamiser avec passion une équipe au quotidien que de prévoir sur le long terme les bouleversements de la production et de la transformation laitières.

Si aucun secteur de la filière lait ne lui était indifférent, la transformation en fromages était sa thématique de prédilection et nombreux sont les domaines qui, sans son impulsion, n'auraient connu le développement qu'on leur connaît aujourd'hui. Il a été l'un des premiers à apporter une vision globale, de l'herbe au fromage, mobilisant dans les régions du Comté et du Beaufort, tous les savoirs liés au sol, à la production herbagère, à l'élevage, aux pratiques de traite, à la collecte du lait, à sa forme de conservation, à son ensemencement, aux procédés de transformation et aux conditions de l'affinage. Cette intégration des connaissances, il l'a ensuite transposée à d'autres productions, notamment celles de Corse où encore très récemment, des fromagers artisanaux me décrivaient, avec reconnaissance, toute l'avancée de progrès que leur avaient apportée les visites de Germain Mocquot.

Mais, celui que nous appelions "le Patron" était aussi un visionnaire de l'innovation. Son appui à l'emploi de l'ultrafiltration sur membrane a été sans faille dès l'origine, sans exiger de longues et fastidieuses justifications, justifications qu'à l'image de ce qui est souvent exigé aujourd'hui, j'aurais été bien incapable de donner. Il a cru au concept proposé et son soutien scientifique a été de tous les instants. Ensemble, nous avons porté le procédé dit MMV [1] dans tous ses développements, pâtes molles, pâtes fraîches, pâtes pressées, fromages classiques et nouveaux, sur tous les continents. Ensemble, nous avons gagné la longue et difficile bataille de procédure contre ceux qui voulaient annuler le brevet, après moult péripéties dont celles vécues aux USA, sont à l'origine d'une jurisprudence enseignée dans les formations en droit des brevets. Ensemble, nous avons acquis, pas à pas, la maîtrise des mécanismes de formation des réseaux caséiques incorporant tout ou partie des protéines de lactosérum pour obtenir des textures et des flaveurs appréciées par les consommateurs.

Prescience ou synthèse d'innombrables observations, ou les deux à la fois, Germain Mocquot, avait compris avant tous, la nécessité de caractériser, de conserver les éléments microbiens composant la flore banale utile des laits collectés, ce qui est la base de notre patrimoine fromager. Il nous répétait sans cesse *"où que vous alliez prélevez des échantillons de laits et de fromages, et isolez, cultivez, caractérisez ces espèces qui créent la typicité des fromages"*. Nombre de souches isolées par ses soins de présures à l'aizy [2] sont présentes dans les levains commerciaux. Mais qui oserait dire aujourd'hui que le message donné n'est plus d'actualité ?

À ce grand Patron, à ce créateur de la Recherche Laitière, qui nous a appris la passion de connaître, l'ardente obligation de mettre notre savoir et nos idées au service de tous, avec une extrême rigueur quant à la démonstration de nos résultats, qu'il me soit permis, une nouvelle fois de porter témoignage de mon admiration et de ma reconnaissance.

[1] Ces techniques utilisent les procédés à membrane, qui permettent de séparer les éléments en suspension ou en solution dans un liquide, en le faisant circuler sur une membrane percée de multitude de micro-pores de dimension connue. Ces membranes semi-perméables peuvent être de nature cellulosique, plastique, métallique ou céramique. Initialement développées par l'industrie nucléaire pour séparer les isotopes de l'uranium, puis par les médecins pour la dialyse rénale, ces techniques ont été adaptées au traitement du lait et de ses sous-produits.
Le laboratoire de recherches en Technologie laitière de l'INRA a joué un rôle pionnier dans ce domaine. Il a largement participé à la mise au point des techniques de filtration elles-mêmes, avec des recherches en génie des procédés concernant la perméabilité (aptitude à filtrer rapidement) et la sélectivité (aptitude à séparer) des membranes ou la résolution des problèmes de colmatage et de nettoyage. Il a parallèlement développé les applications de ces nouvelles techniques, en fabrication fromagère classique et par la conception de produits nouveaux, comme par exemple avec la société Guilloteau, les produits d'Affinois.
Le premier procédé utilisé a été l'ultrafiltration ; dès 1969, l'INRA a déposé un brevet "MMV" (Maubois, Mocquot, Vassal) portant sur l'emploi de cette technique en fabrication fromagère. Depuis, les procédés et les applications se sont développés, valorisant les générations successives de membranes, de plus en plus performantes et sélectives, mises sur le marché par les fabricants. Ce procédé est à l'origine de plus de 2 400 000 tonnes de fromage dans 23 pays.
Cédérom "Science au quotidien" et sur Internet : http://www.inra.fr//Internet/Produits/dpenv/scienceauquotidien/ficheshtml/80C.htm. Voir aussi l'encart dans l'article de Micheline Guéguen.

[2] "Aizy" : fabriqué à partir de la "recuite" qui est un liquide clair contenant principalement le sucre du lait (lactose). Cette "recuite", obtenue après chauffage du sérum de fromagerie, est acidifiée en tonneau de bois par des ferments lactiques ; elle est utilisée ultérieurement sous le nom d'"aizy" pour la macération des caillettes de veau dont la présure est extraite. Cette macération, riche en ferments lactiques et en enzymes coagulantes constitue ce que l'on appelle la "présure traditionnelle".

•••

Le **salage**, qui peut avoir lieu avant ou après le moulage (ou ne pas être pratiqué), entraîne un complément d'égouttage (ressuyage), et, indépendamment du goût propre du sel, influence la sélection des micro-organismes, oriente et contrôle les fermentations enzymatiques ultérieures.
L'**affinage** est la phase finale de la fabrication fromagère. Il correspond à une perte d'eau, à la formation d'une croûte, à la destruction du lactose restant et surtout la protéolyse et à la lipolyse, qui libèrent des substances aromatiques ; c'est pendant cette phase que le fromage acquiert ses qualités particulières de texture, de couleur et de goût. Les caractéristiques et les qualités d'un type de fromage dépendent d'un ensemble très complexe de facteurs de natures microbiologique (composition et évolution de la microflore), biochimique (nature et concentration des enzymes) physico-chimique (température, pH…), chimique (teneur en calcium, en chlorure de sodium, caractéristiques de l'air…) et mécanique (brassage, découpage, broyage,…).
D'après le Larousse agricole, Librairie Larousse, Éditions 1981 et 2002.

À propos de l'évolution de la fromagerie traditionnelle

TÉMOIGNAGE
par Jean Froc*

* INRA-SAD. Expert fromager et responsable des inventaires des produits alimentaires traditionnels des régions d'Europe.

Ayant eu le plaisir de voyager avec Germain Mocquot en "pays fromager" dans la décennie 80 et pensant avoir compris le sens de son engagement sur cette question, je voudrais montrer à quel point il prévoyait (et critiquait) les pratiques auxquelles nous sommes confrontés, en particulier dans le domaine de la qualité des fromages.

Homme de science et militant pour la qualité microbiologique du lait, Germain Mocquot a toujours cherché à montrer les limites d'une démarche "hygiéniste" quant aux modifications des caractères organoleptiques du fromage tout comme il a dénoncé les effets de la "maîtrise technique" des productions industrielles sur le goût et la texture des fromages. En février 1986, il écrivait (à Maxime Viallet, à Beaufort) : "*... dans les pays industrialisés, l'alimentation humaine est de plus en plus assurée par des fromages "standard" de "série", produits massivement. Pour ces produits, les soucis d'hygiène, de qualité nutritionnelle, de présentation liée à la propagande pour une marque, et surtout de prix sont les soucis dominants. Les qualités organoleptiques, l'arôme, le goût, la consistance, bref la "personnalisation", ne passent qu'au second, troisième ou quatrième rang des préoccupations des fabricants et vendeurs de fromages de "série"*.

> "Les fromages d'appellation d'origine n'ont pas de reproches à encourir sur le plan de l'hygiène, ni sur celui de la nutrition. Mais leur préoccupation essentielle est d'offrir au consommateur des produits aux qualités organoleptiques supérieures, attirantes, incomparables et présentant pour chaque sorte de fromage une diversité et une personnalité selon le lieu, les époques et les saisons de l'année. Bref, le contraire d'un fromage de série. De tels fromages "illuminent un repas pris en famille ou entre amis. Ils mettent en valeur nos meilleurs vins et réciproquement. On s'en souvient pendant des années..."
> On dit qu'on reconnaît un bon Cognac lorsque - ayant vidé un verre de cette précieuse liqueur - on peut humer, dans ce verre vide, l'odeur de la "fleur de vigne", délicieuse odeur, vaguement réminiscente de celle du tilleul (qui fleurit à la même époque) mais bien plus fine et plus nuancée et plus riche. Pourtant que de chemin parcouru, que de temps écoulé entre les jours de juin où la vigne a fleuri et les années nombreuses au cours desquelles le Cognac a mûri lentement en cave, dans les tonneaux de chêne ! Et bien pour le fromage, c'est un peu pareil, chez un grand Beaufort ou un Comté d'un an, la plénitude du goût n'est obtenue que si c'est un lait frais et d'un goût parfait qui a été emprésuré dans le chaudron de cuivre. Tout altération, fût-elle légère, du lait, ne permettra pas au fromage de "veillir" honorablement."
>
> *Germain Mocquot*



Photos : Gérard Grosclaude

Jura. Vacherin au Mont Dore : atelier artisanal ; soins en cave.

Un tel propos prend un sens particulièrement riche quant à l'existence d'une opposition inéluctable entre produit propre mais sans goût, - le produit de l'industrie par essence "moderne"- , et celui moins standard et moins maîtrisé mais plus goûteux, - le produit du terroir-, par essence "archaïque ou passéiste".

Germain Mocquot savait très bien vers quelles "pistes" il fallait conduire la réflexion. Ainsi, alors qu'il fut l'un des "acteurs" de la collecte du lait en tank réfrigéré afin de limiter le développement d'une flore néfaste, il fut souvent outré des usages "dévoyés" de la réfrigération du lait quant elle durait 48 heures ou plus. De même, il fut plus tard le co-inventeur de la filtration sur membrane. À ses yeux les techniques et pratiques nouvelles devaient être maîtrisées et ne servir que si elles conduisaient à des produits de qualité égale ou supérieure, mais en tout cas aucunement quand elles détruisent le "sens" des choses. Il était conscient que pour faire un bon fromage et non un produit "alimentaire standard", chaque maillon devait être compris et respecté (race laitière, locale, à caséine adaptée à la transformation, qualité de la flore du lait, technologie appropriée...). Il savait aussi l'effet de la réduction du temps de fabrication et d'affinage dans la qualité finale. Ne disait-il pas dans la même lettre de 1986 citée plus haut que *"les fabricants de fromages en masse ont généralement pour objectif de raccourcir les délais d'affinage et de maturation du fromage. Ils veulent vendre le plus vite possible un fromage qui ne soit pas grevé de frais de stockage trop long. Les producteurs de fromages de l'Association nationale des Appellations d'origine fromagères (ANAOF) ont pour objectif de garder le fromage aussi longtemps qu'il faut pour qu'il atteigne la plénitude de ses qualités... le temps est un redoutable facteur de sélection"*... ?

Si l'on ajoute à cette contraction du temps qui équivaut à une conduite "mécaniste" des procédés de transformation ignorant les lois du vivant, les problèmes liés à certains abus : *"trop de "croquettes" données aux vaches (la comparaison est facile à faire avec les engrais fournis à la vigne...), trop de vaches FFPN, Holstein et autres "pisseuses de lait" à grand rendement, utilisation par certains de la pasteurisation. Mais tous les autres ? Ils ont bien peu travaillé à défendre leur appellation d'origine (cf fromages à pâte molle...) et ils ont tiré leur image de marque vers le bas. À l'inverse le Beaufort, le Comté et le Roquefort sont les trois fromages qui ont, pendant la quarantaine d'années écoulées (1945-1987) fait de gros efforts pour maintenir ou acquérir une belle et prestigieuse image de marque..."*. On comprend que pour Germain Mocquot l'on ne peut pas espérer en même temps toujours plus et toujours mieux. Ce propos amer

qu'il tenait en octobre 1987 indiquait parfaitement que les limites étaient atteintes chez la majorité des producteurs laitiers, en particulier dans le Grand-Ouest par opposition à la montagne. Mais comme cela ne suffisait pas, notamment compte tenu des "*mensonges*" de la publicité, il précisait dans une note de fin 1988 que les industriels fromagers, ne parvenant pas à obtenir un fromage avec arôme bien développé, essaient de faire croire que les fromages sans arôme sont meilleurs que les autres ! [1]

Mais ce point de vue n'était pas fondé sur une réaction de colère ou de déception, cela correspondait vraiment à ses sentiments quant à la dégradation qualitative des produits par tous les maillons de la chaîne de production et de commercialisation. Ainsi, il reprochait ou regrettait aussi de voir que ses amis crémiers-fromagers parisiens laissaient entrer ces produits industriels dans la crèmerie traditionnelle. À ce sujet, il écrivait à un fromager parisien en janvier 1989 la note suivante : "*Je pense depuis longtemps que c'est une "monstruosité" d'avoir gaspillé et avili le patrimoine fromager en remplaçant nos meilleurs fromages, par des produits de série dont on a masqué la platitude, le manque de goût, le manque d'arôme en les affublant de nouveaux noms, en les baptisant "produits nouveaux" et autres fariboles du même genre*". Avec lui constatons que la chose, au lieu de s'amenuiser, s'est amplifiée au point de frôler l'ineptie, la bêtise pure, tel ce fromage de type camembert qui fut produit pendant quelques mois au printemps 1997 et reçut le nom de "Bernadette" ! Après la campagne des élections présidentielles, cette "marque" a bien entendu disparu des linéaires.

Dans cet ordre d'idée, il affichait son classement des fromages en trois catégories, "*Il y a les mauvais, les bons et les délicieux*" et il précisait dans un "Rapport de mission en Corse" en 1983, que "*contrairement à ce qu'on pourrait penser, la distance qui sépare les "mauvais" des "bons" n'est souvent pas plus grande que la distance séparant les "bons" des "délicieux". Le fromage "délicieux" c'est celui qui, une fois servi aux convives autour d'une table, est redemandé par tout le monde jusqu'à ce que tout le morceau "disparaisse". Si on ne produisait en France que cette catégorie de fromages, la consommation du fromage doublerait instantanément*".

Une lecture trop rapide pourrait laisser penser que Germain Mocquot manifestait un certain parti pris à l'encontre de la profession laitière. Mais son œuvre diverse et ses responsabilités ont largement montré le sens de ses choix : il ne concevait les acquis de la science laitière et des techniques que comme des outils et moyens devant être mis en œuvre pour améliorer les produits et leur goût. Combien fut-il également déçu par certains fromages d'appellation d'origine.

Ses critiques sur les productions de "série standard sans goût" ne sont-elles pas trop largement ignorées de nos jours ? Ne dénonçait-il pas également les dérives de certaines appellations fromagères qui, depuis les années 1985-90 se voient honorées par ce label alors que leur cahier des charges contient si peu de contraintes techniques et sociales (race, alimentation, technologie, qualité du lait cru ou non) ?

Germain Mocquot nous a enseigné que la fromagerie était une chance pour les hommes qui en avaient l'art, pour les institutions qui en avaient la charge et pour les consommateurs qui en avaient les bénéfices gustatifs. En sa mémoire, revendiquons le fromage au goût typé, produit témoin de la culture d'un peuple, et par conséquent agissons pour garder cette richesse et cette originalité.

[1] Voir le texte de Germain Mocquot dans l'article de Micheline Guéguen.

À paraître

Jean Froc

- *Les fromages traditionnels français. Histoires et technologies.* INRA Éditions.
- La fromagerie dans le monde, un art ou une science ? Éditions Glénat.

La qualité du lait cru

une préoccupation permanente de Germain Mocquot

TÉMOIGNAGE

par Jean Richard*

* Recherches laitières et Génétique appliquée.

Pour Germain Mocquot, la qualité du lait a été, tout au long de sa carrière à l'INRA, et même après, une préoccupation majeure. Il me souvient qu'il disait souvent à peu près ceci : "*le degré d'avancement d'un pays se mesure à la qualité du lait qu'il met à la disposition de ses habitants*". Germain Mocquot insistait sur le fait que cette qualité dépend de celle de la matière première mise en œuvre par l'industrie laitière, le lait cru. Pour autant, en bon pastorien, il n'était pas favorable à la distribution de lait cru aux consommateurs, quelle que soit la rigueur des soins apportés à l'hygiène de la traite. Il était plutôt farouchement contre. Il militait en faveur de la commercialisation de lait de consommation pasteurisé une seule fois, à une température appropriée, afin de ne pas en altérer le goût.

Son combat conduira, dans les années 65-70, à la commercialisation d'un "lait pasteurisé de haute qualité", mais l'apparition sur le marché du lait stérilisé UHT conditionné aseptiquement, plus pratique

d'emploi, ne permettra pas au lait pasteurisé de bonne qualité de conquérir la place qu'il avait dans les pays nordiques et anglo-saxons.

Question qualité du lait cru, l'INRA se devait de montrer l'exemple en faisant en sorte que les diverses fermes expérimentales à vocation laitière dont il disposait produisent du lait le moins pollué possible en micro-organismes. C'est ainsi que me fut confié, d'entrée de jeu comme jeune stagiaire fin 1957, et sous la direction scientifique de Jean Auclair, le soin d'améliorer la qualité bactériologique du lait produit dans les fermes expérimentales de l'INRA, celles de Jouy d'abord, puis celles de Bressonvilliers et de la Minière. Les différentes salles de traite de l'INRA nous ont permis de disposer d'un

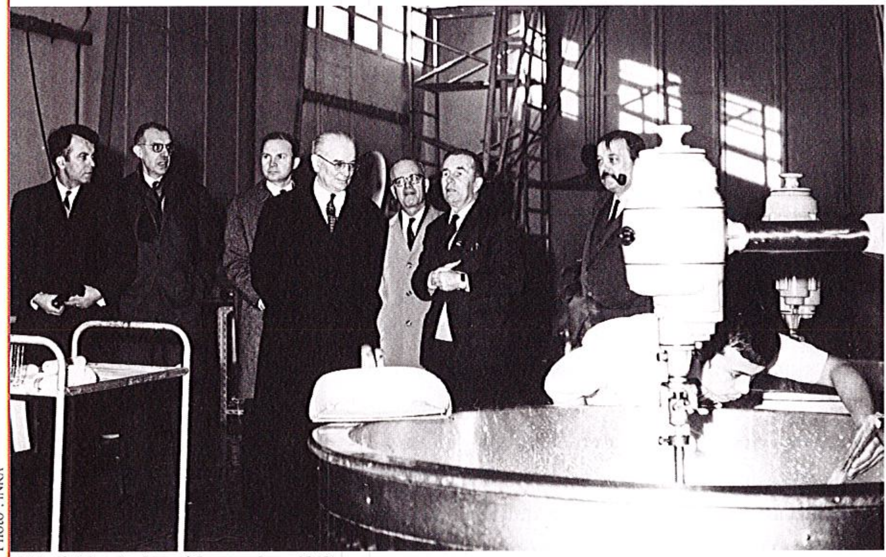


Photo : INRA

Visite de Maurice Ponte à Jouy-en-Josas, 1969.
De gauche à droite :
• Lucien Pompon, directeur administratif de l'INRA entouré de M. Bérard et de M. Montvalon
• Maurice Ponte, directeur de l'ANVAR
• Jean Bustarret, directeur de l'INRA
• Germain Mocquot
• Jacques Poly, alors chef du département de Génétique animale
• un technicien en technologie laitière.

outil expérimental idéal pour élaborer, puis roder les méthodes d'étude des sources de contamination microbienne du lait à la ferme, aussi bien que pour démontrer la nécessité et la possibilité de simplifier les méthodes de nettoyage de la vaisselle laitière, tout en les rendant plus efficaces. Par ailleurs, René Mourgues, également sous la direction de Jean Auclair, étudiait les différents problèmes liés à la réfrigération du lait à la ferme : développement de la flore dite psychrotrophe (capable de se multiplier à basse température) et défauts de qualité des produits laitiers qui en résultent, aptitude au nettoyage des citernes de refroidissement en vue de leur homologation...

Ainsi, l'INRA disposait d'une expérience pratique lui permettant, à partir des années 65-70, de jouer un rôle moteur dans l'élaboration de la politique nationale en matière d'amélioration de la qualité bactériologique du lait à la ferme.

Parallèlement à ces activités de recherche à caractère technique au sein de l'INRA, Germain Mocquot pesait de toute sa notoriété auprès des professionnels laitiers en vue de les convaincre d'adopter, à l'instar des pays les plus évolués (Pays-Bas, Suède, Danemark...) un système de paiement du lait suivant sa qualité bactériologique. Dans le cadre du CNERNA (Centre National d'Étude et Recherche sur l'Alimentation et la Nutrition), organisme créé à la fin de la guerre par un éminent nutritionniste, le Professeur Terroine, des membres de la profession laitière et de leurs fédérations (FNIL, ENCL, FNPL) rencontraient des chercheurs pour la plupart issus de l'entourage de Germain Mocquot et des représentants des administrations concernées par les problèmes de qualité du lait. La force de conviction de Germain Mocquot avait entraîné l'adhésion de quelques industriels, et non des moindres. Les objections les plus sérieuses à ce système de paiement du lait portaient sur des aspects technologiques, comme la présence dans le lait d'une flore utile en technologie fromagère, qu'il fallait préserver car elle participait à la typicité des fromages ou bien parce qu'en occupant le terrain, elle empêcherait le développement d'une flore nuisible... Pour évaluer objectivement ces arguments, Germain Mocquot faisait appel à toutes les compétences connues. Par exemple, je me souviens d'une réunion concernant la qualité bactériologique du lait, où il avait fait intervenir M. Posthumus, le directeur d'un des plus grands laboratoires hollandais d'analyses du lait. À cette occasion, l'un et l'autre ont argumenté contre la proposition d'un test "pseudo-scientifique" (sic) destiné à évaluer le caractère "fromager" du lait. Il fallait aussi convaincre les professionnels laitiers de la nécessité d'un système unique pour toute la profession et proposer des normes réalistes de classement du lait. Ce n'était pas une mince affaire, si l'on considère l'imbrication des zones de ramassage du lait et le risque d'un paiement biaisé par certaines entreprises laitières désireuses d'attirer les producteurs d'entreprises concurrentes plus exigeantes en matière de qualité... Sur tous ces plans, l'influence de Germain Mocquot a été déterminante, de sorte qu'un système cohérent d'évaluation de la qualité bactériologique du lait cru a été élaboré au sein du CNERNA, puis adopté en 1971 dans les textes réglementaires instituant le paiement obligatoire de ce lait suivant sa qualité.

Avec le recul du temps, je considère encore avec admiration, l'engagement de toute une vie professionnelle de Germain Mocquot sur ces problèmes de qualité du lait. Par contre, l'industrie laitière française paraît avoir oublié son long combat en faveur de la qualité du lait cru. Il suffit d'imaginer quelle serait la situation de notre industrie laitière, au plan national et international, si elle ne maîtrisait pas depuis longtemps la qualité de sa matière première...

Recherches sur les fromages

Unités et équipes INRA, unités mixtes de recherche et unités sous contrat

Nous avons rassemblé ici les références concernant les recherches sur les fromages, quel que soit leur type, industriel ou de tradition, d'après le système d'information INRA CompAct. Il existe par ailleurs de très nombreuses recherches sur le lait et les thèmes qui lui sont liés.

Herbivores

INRA site de Theix
63122 Saint-Genès-Champanelle
Tél. 04 73 62 40 80/Fax. 04 73 62 44 29
Directeur : Jean-Baptiste Coulon
urh@clermont.inra.fr

[voir dans ce dossier, le texte de Jean-Baptiste Coulon

Les finalités de l'unité sont liées aux nouvelles contraintes (d'ordre économique, social et environnemental) auxquelles l'élevage des herbivores doit faire face.

La première concerne la qualité des produits. L'objectif est "d'améliorer la qualité sensorielle, nutritionnelle et sanitaire des produits carnés et laitiers par les conduites d'élevage et en particulier par l'alimentation". Environ la moitié des moyens de recherche de l'URH sont actuellement reliés à ce thème. Dans les années à venir, un effort significatif sera porté sur les dimensions nutritionnelle et sanitaire. Les facteurs alimentaires, et en particulier l'herbe (pâturée ou conservée), restent les leviers d'action privilégiés.

Les points abordés sont les suivants :

- proposer des indicateurs biologiques de la qualité (en particulier en matière de qualité sensorielle)
- étudier les relations entre l'alimentation animale et la qualité des produits
- proposer des outils de traçabilité des produits, et en particulier des indicateurs de la nature de l'alimentation offerte aux animaux
- concilier les différentes dimensions de la qualité entre elles et avec les autres contraintes pesant sur les systèmes d'élevage (environnement, bien-être, rentabilité…).

La deuxième finalité est relative à l'environnement. L'objectif est "d'étudier les interactions entre les herbivores et leur système de conduite et l'environnement, essentiellement en matière de couvert végétal".

La troisième finalité concerne le bien-être animal. L'objectif est d'"apprécier le bien-être animal afin de proposer et de garantir des conduites d'élevage respectueuses de ce bien-être".

Parmi les programmes en cours : Lipides alimentaires et qualité des produits/Herbe et caractéristiques des laits et des fromages/Recommandations alimentaires pour de nouveaux objectifs d'élevage/Conduites innovantes des troupeaux d'herbivores/Bien-être des bovins en croissance/Élevage et environnement.

Recherches fromagères

INRA
36, rue de Salers - 15000 Aurillac
Tél. 04 71 45 64 10/Fax. 04 71 45 64 13
Directeur : Marie-Christine Montel
cmontel@clermont.inra.fr

[voir dans ce dossier, le texte de Géraud Pradel et Marie-Christine Montel

Les activités du laboratoire s'inscrivent dans le contexte régional de la production de fromages AOC du Massif-central. Elles visent à aider les filières fromagères à produire des fromages de qualité respectant les normes sanitaires tout en préservant leurs qualités sensorielles. Ainsi, elles sont structurées autour de deux facteurs déterminants dans l'élaboration de ces qualités :

- les caractéristiques de la matière première "lait" en relation avec l'alimentation des animaux
- les écosystèmes microbiens de la ferme aux fromages affinés.

L'unité rassemble sur un même site des laboratoires de recherche et une fromagerie expérimentale.

Activités concernées

- Authenticité et traçabilité des transformations alimentaires - Composition floristique des fourrages, incidence sur les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles des fromages AOC
Animateur : Marie-Christine Montel
- Écosystèmes microbiens des aliments d'origine animale - Maîtrise de la qualité et de l'hygiène des fromages AOC. Biodiversité des flores et interactions microbiennes.
Animateur : Marie-Christine Montel

Afin de maîtriser les qualités sanitaires, sensorielles et nutritionnelles des fromages, et plus particulièrement ceux au lait cru, les travaux de recherches portent sur :

- l'incidence des pratiques d'élevage et en particulier l'effet de l'alimentation sur les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles des fromages en collaboration avec d'autres unités expérimentale et de recherches du centre INRA de Clermont-Theix
- l'étude des écosystèmes microbiens afin de montrer comment la diversité des flores microbiennes aux différents stades de la transformation (traite, fabrication, affinage) peuvent, d'une part exercer un effet de barrière vis-à-vis des flores pathogènes, d'autre part contribuer à la spécificité sensorielle des fromages. La structure globale et dynamique de ces communautés microbiennes est étudiée pour être corrélée à la diversité sensorielle et aromatique des fromages. Elle est abordée par des approches moléculaires reposant sur une identification phénotypique et génomique des isolats parallèlement à une analyse directe de la population microbienne sans culture des micro-organismes
- la compréhension des mécanismes d'interaction entre les microflores d'intérêt technologique et les bactéries pathogènes (*Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus*)

Domaine expérimental de Marcenat

INRA
15190 Marcenat
Tél. 04 71 78 81 11/Fax. 04 71 78 84 84
Directeur Jean-Paul Garel
Jean-Paul.Garel@clermont.inra.fr

Ce domaine est rattaché à l'unité de recherches sur les Herbivores.

Le domaine de Marcenat (Cantal), situé sur le plateau du Cézallier à 1100 m d'altitude, est divisé en trois unités distantes les unes des autres d'une dizaine de kilomètres. Ce domaine à vocation herbagère (430 ha de prairies) entretient un troupeau de 110 vaches laitières et un troupeau allaitant de 150 vaches. Les programmes de recherche portent sur l'élevage bovin en conditions difficiles :

- Production laitière en montagne :
  - adaptation de races laitières spécialisées (Montbéliarde et Holstein) ou au contraire rustique (Tarentaise) à des conditions de montagne
  - influence de l'alimentation des vaches (nature des foins et composition floristique des prairies) sur la qualité du lait et du fromage, dans le cadre d'Appellation d'origine contrôlée.

Viande, équipe "flaveur"

INRA site de Theix
63122 Saint-Genès-Champanelle
Tél. 04 73 62 41 91/Fax. 04 73 62 47 31
Animateur : Jean-Louis Berdagué
berdague@clermont.inra.fr

L'activité de l'équipe repose sur deux aspects complémentaires de la caractérisation des aliments :

- étude du déterminisme de la flaveur des produits d'origine animale (les aliments supports des recherches sont issus de la filière animale, viandes et produits carnés, produits laitiers et produits de la mer)
- sélection des composés d'intérêt aromatique et formulation d'arômes
  - mise au point de techniques de caractérisation rapide de la qualité des aliments par analyse des composés volatils
- étude de la traçabilité des produits d'origine animale (mode de production, procédés de transformation…).

Activité concernée

- Opérations unitaires en génie des procédés alimentaires - Aéraulique, transferts de chaleur et de matière et transport de particules lors des traitements par l'air (réfrigération, stockage, séchage, affinage)
Animateur : Jean-Dominique Daudin
daudin@clermont.inra.fr

De nombreux procédés de l'industrie alimentaire mettent en jeux des échanges de chaleur et d'eau entre des pro-

duits alimentaires solides et un gaz pouvant éventuellement transporter des particules. Les travaux sont entrepris en fonction des questions particulières posées par les filières viande et fromage mais les méthodes développées et les résultats concernent un domaine plus large.

Cette unité a notamment mis au point une méthode "VIDEO-SNIFF®" pour l'analyse des odeurs.
Le principal défaut des méthodes actuelles est de se focaliser sur la détection ou sur l'intensité des odeurs sans utiliser de manière structurée l'information relative à leur description. En effet, les méthodes d'analyse des données de Chromatographie en Phase Gazeuse-Olfaction ou CPG-O n'exploitent à ce jour qu'une partie de l'information des aromagrammes.
La méthode "VIDEO-SNIFF®" et le logiciel associé ACQUISNIFF®, développés par le laboratoire permettent d'exploiter simultanément les informations liées au vocabulaire, à l'intensité et à la durée des odeurs perçues par un jury de flaireurs. Pour cela, le vocabulaire descriptif employé par le jury est regroupé par pôles olfactifs. Ce regroupement simplifie l'interprétation de l'odeur des zones olfactives et facilite l'identification des composés actifs-clés.

Technologie et Analyses laitières

INRA
BP 89 - 39801 Poligny cedex
Tél. 03 84 73 63 00/Fax. 03 84 37 37 81
Directeur : Yolande Noël
noel@poligny.inra.fr

voir dans ce dossier,
le texte de Pierre Rousseaux

Les activités ont une double finalité :
- la maîtrise de la qualité des fromages, notamment au lait cru ou d'Appellation d'origine protégée (AOP)
- la définition de l'identité et de l'authenticité des laits, des fromages et autres produits laitiers, et le contrôle réglementaire de ces produits.

L'étude des mécanismes de formation de la qualité des fromages, notamment au lait cru, s'appuie sur une approche globale et multidisciplinaire du rôle de la matière première et des procédés de fabrication et d'affinage sur les propriétés de texture, d'ouverture et les propriétés aromatiques des fromages.
La caractérisation des laits, des fromages et autres produits laitiers, s'appuie sur l'étude et la mise au point ou le développement des techniques chimiques, spectroscopiques, immunochimiques, biochimiques, microbiologiques, biophysiques, d'analyse du lait, des produits laitiers et des fromages. Certains travaux s'inscrivent dans le cadre de la normalisation et du contrôle qualité en usine. D'autres ont pour objectif la mise au point de systèmes intégrés de caractérisation des laits ou des fromages.

Activités concernées

- Authenticité et traçabilité des transformations alimentaires - Caractérisation des laits, des fromages et autres produits laitiers et définition de leur identité, authenticité ou qualité
Animateur : Didier Dupont
- Écosystèmes microbiens des aliments d'origine animale - Connaissance et rôles des écosystèmes microbiens dans la construction de la qualité des fromages au lait cru
Animateur : Éric Beuvier
beuvier@poligny.inra.fr
Tél. 03 84 73 63 11/Fax. 03 84 37 37 81
L'unité étudie le rôle des micro-organismes dans l'élaboration des qualités hygiéniques et sensorielles des fromages traditionnels au lait cru. Les travaux engagés visent à une meilleure connaissance de la dynamique des populations microbiennes tant en terme d'espèces que de souches, depuis le lait, en passant par les levains, et tout au long du processus d'affinage du fromage. Des relations sont établies entre la dynamique de ces populations et les caractéristiques biochimiques et sensorielles des fromages. L'aspect sanitaire des fromages au lait cru est abordé en étudiant les conditions de production des entérotoxines staphylococciques en fonction de la diversité des souches de *Staphylococcus aureus*.
- Contrôle et modélisation des procédés alimentaires - Modélisation et simulation des procédés fromagers.
Animateur : Yolande Noël
noel@poligny.inra.fr
Tél. 03 84 73 63 10/Fax. 03 84 37 37 81
L'unité a pour objectif de développer un système modèle de représentation d'un procédé fromager. Les buts visés sont d'une part l'élaboration d'un modèle de prévision de la qualité finale des fromages, d'autre part l'amélioration des connaissances sur les mécanismes de formation de la qualité des fromages. L'unité mobilise ses compétences en technologie fromagère, en analyses laitières et fromagères, en fabrications expérimentales, en planifications expérimentales, en analyses multidimensionnelles des données, et en modélisation. Elle mobilise aussi des partenaires INRA et des professionnels.
- Caractérisation structurale des aliments notamment qualité des fromages
Animateur : Yolande Noël

Étude des interactions des molécules alimentaires

INRA
rue de la Géraudière - BP 71627
44316 Nantes cedex 3
Tél. 02 40 67 50 71/Fax. 02 40 67 50 84
Directeur : Jean-Marc Chobert
chobert@nantes.inra.fr

Cette unité a pour vocation principale d'étudier les phénomènes impliqués dans l'élaboration, puis dans l'expression des qualités sensorielles des aliments, texture, flaveur, saveur, notamment pour les produits laitiers dont les fromages.

Arômes

INRA-ENESAD
17, rue Sully - BP 86510
21065 Dijon cedex
Tél. 03 80 69 36 70/Fax. 03 80 69 32 27
Directeur : Patrick Étiévant
millot@arome.dijon.inra.fr

Le laboratoire a comme objectif l'étude de la qualité organoleptique des aliments et de leur acceptabilité, ainsi que la production de molécules aromatiques par voie biotechnologique.
L'originalité de l'unité est de combiner des approches sensorielles et instrumentales dans la recherche des mécanismes de rétention et de libération des composés responsables de la saveur et de l'arôme, en fonction de la composition et de la structure des aliments, au cours du process et surtout lors de la mastication.
Cette unité développe parallèlement des recherches qui visent à comprendre les mécanismes déclenchant l'acte d'achat chez le consommateur en étudiant le poids relatif des facteurs intrinsèques comme la texture, l'arôme ou la saveur, et extrinsèques comme le prix, l'information, l'image santé et l'attente, en fonction des paramètres socio-économiques et culturels.

Microbiologie alimentaire

USC INRA
Université de Caen
Esplanade de la Paix - 14032 Caen cedex
Tel. 02 31 56 56 21/Fax. 02 31 56 61 79
Directeur : Micheline Guéguen
gueguen@ibba.unicaen.fr

voir dans ce dossier,
le texte de Micheline Guéguen

Les domaines de compétence du laboratoire sont principalement les écosystèmes microbiens des laits crus et des fromages à pâte molle de Normandie, les microflores technologiquement utiles notamment leur biodiversité et la contribution de celle-ci à la typicité des fromages. Il s'intéresse également à l'amélioration des conditions de conservation *ex situ* (congélation) et *in situ* de souches microbiennes notamment dans le but d'initier une action conservatoire de consortia microbiens issus de l'environnement de troupeaux laitiers.

Développement de l'Élevage

INRA
Quartier Grossetti - BP 8 - 20250 Corte
Tél. 04 95 45 15 15/Fax. 04 95 46 11 81
Directeur : Pierre-Mathieu Santucci
pms@corte.inra.fr

voir dans ce dossier,
le texte de Jean-Antoine Prost

Les recherches concernent les objets et les situations de l'organisation traitée dans ses dimensions de : production (conduite des élevages), valorisation des produits (démarches de certifications, territoires fromagers), gestion des ressources renouvelables (races locales, espaces fourragers), médiation (fonctionnement en réseaux, dynamiques des connaissances) ; notamment la définition des fromages et la construction de leur territoire de production

Activité concernée

- Définition des fromages et construction de leur territoire de production
Animateur : Brigitte Dubeuf
bdu@corte.inra.fr
Tél. 04 95 45 15 19/Fax. 04 95 46 11 81
L'objectif est la construction de la typicité de petites productions fromagères localisées où coexistent des productions fermière, artisanale et industrielle. Les enjeux sont la gestion de la réputation de ces produits, et par conséquence les modalités de leur définition et leur ancrage au territoire tout particulièrement par les laits et par la con-

nexion entre les usages de consommation et la culture technique fromagère.
L'objet de recherche porte sur les itinéraires de qualification des fromages dans des situations de qualification où se confrontent deux mondes : celui des usagers et celui des producteurs.
La description sensorielle des produits au sein de groupes réunissant des producteurs et des usagers est privilégiée.
Les itinéraires de qualification des fromages sont appréhendés par la confrontation des usages et pratiques. Lors de cette confrontation sont révélés les liens entre différents objets techniques : fromage, affinage, caillé, lait, par exemple.
Ces itinéraires de qualification sont également considérés à travers le rapport à leur territoire de production. Les objectifs opérationnels sont la production de référentiels sur les descriptifs sensoriels des fromages et sur leurs pratiques productives ainsi que la mise en place d'un processus d'élaboration d'un cadre de régulation.

Technologie laitière

INRA
65, rue de Saint-Brieuc
35042 Rennes cedex
Tél. 02 23 48 53 22/Fax. 02 23 48 53 50
Directeur : Gérard Brulé
Gerard.Brule@agrorennes.educagri.fr

voir dans ce dossier, le texte de Jean-Louis Maubois

Outre l'approfondissement général des connaissances en science et technologie laitières, le laboratoire a pour objectifs généraux :

• l'amélioration des procédés de transformation du lait en produits conventionnels : laits de consommation, laits fermentés, fromages et produits pulvérulents par utilisation de nouvelles technologies (à membrane notamment)
• la recherche systématique de nouvelles valorisations des composants du lait, notamment dans les secteurs de la diététique, de la cosmétique et de la pharmacie
• le transfert du savoir-faire et des connaissances acquises sur le lait et ses dérivés à d'autres liquides alimentaires, notamment aux ovoproduits.

Activités concernées

• Adaptation et transformation des matières premières laitières - Mécanismes de formation et d'évolution des matrices protéiques dans les fromages et les laits fermentés (yaourts) : catalyse enzymatique en milieu hétérogène ; interactions protéines/lipides/minéraux/colonies bactériennes
Animateur : Joëlle Léonil
• Écosystèmes microbiens des aliments d'origine animale - Interactions métaboliques et physiologiques des écosystèmes bactériens de transformation du lait en fromage.
Animateur : Sylvie Lortal.
• Interactions texture-flaveur dans les produits alimentaires - Production fermentaire de composés volatils et arômes des fromages
Animateur : Anne Thierry

Génie et Microbiologie des Procédés alimentaires

INRA
78850 Thiverval-Grignon
Tél. 01 30 81 54 88/Fax. 01 30 81 55 97
Directeur : Georges Corrieu
corrieu@grignon.inra.fr

Le laboratoire développe une approche scientifique pluridisciplinaire permettant une connaissance et une maîtrise améliorées des procédés de fermentations alimentaires, en particulier, les fermentations lactiques et alcooliques ainsi que l'affinage des fromages.
Les travaux en cours intéressent également la qualité de certains produits alimentaires obtenus par fermentation.
Enfin, plusieurs techniques séparatives, associées aux biotransformations, font l'objet d'études spécifiques (lyophilisation, séparations sur membranes) privilégiant une approche en génie des procédés.
Les recherches en science des aliments, intéressant la qualité des produits alimentaires, portent sur les méthodes de caractérisation de cette qualité (analyses sensorielles et instrumentales), sur la mise en évidence de l'authenticité des produits, et sur la définition de nouvelles méthodes de formulation (arômes, texture).

Activités concernées

• Écosystèmes microbiens des aliments d'origine animale - Taxonomie et maîtrise des fonctionnalités des ferments lactiques et des flores d'affinage des fromages
Animateur : Éric Spinnler
spinnler@grignon.inra.fr
Tél. 01 30 81 53 87/Fax. 01 30 81 55 97
La fabrication des fromages, du beurre, de la crème fraîche et des laits fermentés (yaourt, kéfir...) nécessite l'intervention de bactéries lactiques, dont la fonction principale est l'acidification du milieu. Dans le cas des fromages affinés, d'autres microflores, telles que par exemple les bactéries fromagères de surface, exercent également un rôle important sur le développement des caractéristiques du produit final. Les recherches s'articulent autour de 4 thèmes principaux :
- les procédés de production des ferments lactiques concentrés
- l'identification des bactéries fromagères de surface
- la capacité de ces microflores à générer des qualités organoleptiques (texture, arômes, couleur…)
- la maîtrise des associations de ces microflores, y compris dans le contexte des fromages à pâte molle.
• Interactions texture-flaveur dans les produits alimentaires - Approche sensorielle et physico-chimique ; application à la formulation de produits laitiers fermentés
Animateur : Isabelle Souchon
Souchon@grignon.inra.fr
Tél. 01 30 81 54 86/Fax. 01 30 81 55 97
Les travaux visent à mieux comprendre les interactions entre texture et flaveur, dont la connaissance est essentielle pour la formulation de produits alimentaires. Pour cela, une double approche, physico-chimique et sensorielle, est mise en œuvre afin de construire des outils prédictifs d'aide à la formulation.
Les modèles choisis sont des produits laitiers fermentés. Il s'agit de caractériser par des méthodes instrumentales les différents produits possédant des textures différentes, et de corréler ces résultats aux données sensorielles (études ponctuelles et temporelles de la perception). Les méthodes de corrélations appliquées sont de trois types : modèles linéaires, modèles non-linéaires (réseaux de neurones) et modèles mécanistiques (modèles de connaissance permettant de prédire la libération des composés responsables de l'arôme du produit).

Recherches laitières et Génétique appliquée

INRA
Domaine de Vilvert
78352 Jouy-en-Josas cedex
Tél. 01 34 65 20 71/Fax. 01 34 65 20 65
Directeur : Alexandra Gruss
Alexandra.Gruss@biotec.jouy.inra.fr

La thématique générale de l'unité est la maîtrise des populations microbiennes dans les industries laitières, et l'utilisation des bactéries lactiques pour des applications originales. Si l'on veut maîtriser le comportement et la croissance des bactéries lactiques dans le lait industriel, ou lors de la fabrication des levains, on doit maîtriser tous les phénomènes métaboliques, notamment ceux se rapportant à leur nutrition azotée, la production de bactériocines ou leur résistance aux conditions de stress. Pour ces dernières conditions, on étudie les effets de stress sur l'ADN, et en particulier la réparation des cassures double brin de l'ADN, comme les réponses des lactocoques aux stress oxydatifs et thermiques. Les effets de la production de molécules anti-oxydantes sont aussi abordés, et l'on met au point des outils génétiques permettant d'induire la transcription de gènes.
On peut conférer de nouvelles propriétés aux bactéries lactiques en leur faisant exporter des protéines étrangères pour le développement de nouvelles applications telles que la production de protéines d'intérêt technologique, thérapeutique ou vaccinal.
L'unité développe aussi des outils de taxonomie moléculaire permettant d'aborder les systèmes écologiques bactériens complexes. Des banques de données sont faites sur des collections. Par ailleurs, certaines souches sont aussi caractérisées pour leur capacité à produire des hétéro-polysaccharides.
Grâce à un atelier laitier pilote, on peut expérimenter sur les rôles des levains en fromagerie.

Activité concernée

• Rôle des levains en fromagerie.
Animateur : Agnès Delacroix-Buchet
Déterminer sur des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite, le rôle :
- des levains lactiques dans l'affinage (protéolyse, inhibition de flores indésirables)
- de diverses flores fongiques et bactériennes dans l'acquisition des caractères sensoriels des fromages à pâte molle.
Jouant un rôle capital dans les caractéristiques sensorielles des produits laitiers et leur qualité hygiénique, les levains de fromagerie font l'objet d'études dans de nombreux laboratoires français et étrangers. Les souches qui les composent doivent être sélectionnées en fonction d'activités multiples (acidifiante, protéolytique, lipolytique, inhibitrice), de leur résistance aux phages, de leur aptitude à une lyse précoce...

Biochimie et Structure des Protéines

INRA
Domaine de Vilvert
78352 Jouy-en-Josas cedex
Tél. 01 34 65 21 49/Fax. 01 34 65 21 63
Directeur : Véronique Monnet
monnet@jouy.inra.fr

Ce laboratoire travaille notamment sur les enzymes des bactéries lactiques impliquées dans le développement de la flaveur des fromages, parmi lesquelles les peptidases, les enzymes de dégradation des acides aminés, les autolysines et les estérases. Le laboratoire travaille notamment sur le rôle des levains en fromagerie.

Les fromages tels que le St Paulin, le Gouda ou le Cheddar, pâtes pressées non cuites, méritent d'être enrichis en arômes. Des chercheurs de l'INRA ont mis au point une méthode pour stimuler la formation de composés aromatiques dans ce type de fromage (céto-glutarate, précurseur d'arômes). Ces résultats ont été brevetés et une start-up SAVOR créée pour leur valorisation. Les travaux de recherche se poursuivent aujourd'hui dans le cadre d'un programme européen impliquant des partenaires scientifiques et industriels français et néerlandais.

Domaine expérimental de La Fage

INRA
12250 Roquefort-sur-Soulzon
Tél. 05 65 99 02 16/Fax. 05 65 49 08 43
Directeur : Paul Autran
lafage@germinal.toulouse.inra.fr

Situé sur le Causse du Larzac (800 m d'altitude), le domaine de La Fage est un site expérimental du département de Génétique animale pour les ovins laitiers et allaitants. Le domaine comprend 278 ha de Causse, 92 ha de terres cultivables et 9 ha de bois, un troupeau laitier de 600 brebis laitières "Lacaune", 400 brebis à viande de différents types génétiques et 30 béliers.

Les thèmes expérimentaux mis en œuvre sont :

- en race ovine Lacaune lait, analyse de la variabilité génétique des caractères laitiers et des caractères d'aptitude fonctionnelle ou de résistance aux maladies vis-à-vis du lait
- production de lait de brebis en Aveyron pour la fabrication d'Appellation d'origine contrôlée "Roquefort"
- automatisme en élevage ovin
- définition des objectifs d'amélioration génétique pour des brebis allaitantes à productivité élevée valorisant des espaces à contraintes (parcours de Causse) avec réduction des intrants.

Pathologie infectieuse et Immunologie

INRA - 37380 Nouzilly
Tél. 02 47 42 79 08/Fax. 02 47 42 77 79
Directeur : Annie Rodolakis

La PII comprend six équipes de recherche : brucellose et paratuberculose, chlamydiose-Fièvre Q, mammites, génétique et physiopathologie des EST animales, lymphocytes et immunité des muqueuses, et contrôle des contaminations microbiennes des matières premières alimentaires d'origine animale, dont les objectifs sont :

- le contrôle de certaines maladies des animaux de rente transmissibles à l'homme (brucellose, chlamydiose, listériose, salmonellose, mammites, paratuberculose, maladies à prions) et entraînant des pertes économiques importantes dans les élevages
- la recherche de la sécurité alimentaire optimale des denrées alimentaires d'origine animale : viande, lait, œuf, fromages... (absence d'agents pathogènes pour l'homme).

Les recherches portent sur l'étude des mécanismes moléculaires et cellulaires :

- de la virulence des agents pathogènes
- de la résistance génétique et immunitaire des animaux de rente
- de la survie de bactéries potentiellement pathogènes pour l'homme (*Salmonella*, *Listeria*, *Coxiella*, staphylocoque) dans les animaux de rente en l'absence de signes cliniques et dans l'environnement.

Elles ont pour but d'améliorer les méthodes de diagnostic et de contrôle de ces infections et de leur transmission à l'homme, en particulier par les denrées alimentaires d'origine animale.

Biosciences de l'Aliment

Université H. Poincaré, Nancy I
Faculté des Sciences - LBSA
BP 239 - 54506 Vandœuvre-lès-Nancy
Tel. 03 83 91 22 30/Fax. 03 83 90 15 11
Animateur : Jean-Luc Gaillard
Jean-Luc.Gaillard@scbiol.uhp-nancy.fr

Aliment et santé - Identification et caractérisation *in vivo* et *in vitro* de peptides à activités biologiques issus du lait et impliqués dans la neurotransmission, la défense cellulaire, l'inhibition d'enzymes.

Génétique et Microbiologie

Université Henri Poincaré Nancy I
Faculté des Sciences
Boulevard des Aiguillettes - BP 239
54506 Vandœuvre-lès-Nancy cedex
Tél. 03 83 91 21 93/Fax. 03 83 91 25 00
Directeur : Bernard Decaris
decaris@nancy.inra.fr

Le thème général du laboratoire est centré sur les mécanismes moléculaires et les déterminismes génétiques conduisant à la variabilité génomique et phénotypique de bactéries.

L'un des deux systèmes biologiques étudiés est une bactérie lactique, *Streptococcus thermophilus*, bactérie Gram+ à bas G-C dont le génome est circulaire et de petite taille (1,8 Mb). Il s'agit d'une bactérie utilisée en cocultures avec d'autres bactéries lactiques dans les fermentations de produits laitiers.

Biotechnologies de l'Environnement

Avenue des Étangs
11100 - Narbonne
torrijos@ensam.inra.fr
Tél. 04 68 42 51 51/Fax. 04 68 42 51 60
Directeur : Jean-Philippe Delgenes
delgenes@ensam.inra.fr

La collaboration entre l'unité et la société "Les Ateliers d'Occitanie" à Narbonne a débouché sur le développement d'une technologie de dépollution des effluents d'industries agro-alimentaires : le procédé SBR (Sequencing Batch Reactor). Les effluents sont épurés (à plus de 97%) par des micro-organismes aérobies, décantés dans la même cuve puis évacués.

Le principe de la cuve unique (par rapport au système classique comprenant une cuve et un décanteur) contribue au bas prix de revient du procédé et à la simplicité de gestion de l'installation. Ces qualités rendent le procédé accessible pour de petites caves ou fromageries.

Actuellement, le procédé SBR est appliqué au traitement des effluents de chèvreries, c'est-à-dire aux mélanges eaux blanches-sérums (le sérum, ou petit lait, est la phase récupérée lorsque l'on fait cailler le lait. Il représente 85% du volume initial du lait).

n°117
INRA mensuel
Dossier, juin 2003

Responsables scientifiques du dossier : Gérard Grosclaude, Jean-Baptiste Coulon
Coordinatrice, responsable de l'INRA mensuel : Denise Grail
Secrétariat : Frédérique Chabrol
Conception et réalisation : Pascale Inzérillo
Photothèque : Julien Lanson, Jean-Marie Bossennec, Christophe Maître
Directrice de la Publication : Corine Plantard
Illustrations de couverture : de gauche à droite *Gentiana verna*, *Viola calcarata*, *Lilium Martagon*, *Papaver alpinum*, dessins de Henry Correvon (1854-1939), photos : P. Robert. *Hommes et plantes*, n°12, hiver 1994-5 avec tous nos remerciements. Beaufortain, photo : Gérard Grosclaude. Pavot des Alpes, "Histoire des plantes de l'Europe" réf. p.26. Soins du Beaufort en cave d'affinage, photo : Gérard Grosclaude. La tale : la toile de chanvre qui sert tous les jours à la fabrication du fromage et lavée tous les jours, sèche au soleil, photo : ©Ph. Mazure (réf. du livre page 29).

INRA-Mission Communication,
147 rue de l'Université
75338 Paris cedex 07
Tél. 01 42 75 90 00

Imprimeur : Graph 2000
Flashage : Vercingétorix
ISSN 1156-1653
numéro de commission paritaire : 1799 ADEP